

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

JC971 U.S. PTO
094778045
02/07/01

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2000年12月 7日

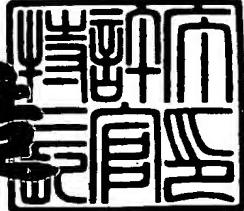
出願番号
Application Number: 特願2000-372776

出願人
Applicant(s): シャープ株式会社

2001年 1月12日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

久川耕三



出証番号 出証特2000-3111558

【書類名】 特許願
【整理番号】 174443
【提出日】 平成12年12月 7日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01S 3/18
【発明者】
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
【氏名】 倉橋 孝尚
【発明者】
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
【氏名】 細羽 弘之
【発明者】
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
【氏名】 中津 弘志
【発明者】
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
【氏名】 村上 哲朗
【発明者】
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
【氏名】 大山 尚一
【特許出願人】
【識別番号】 000005049
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100062144

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 葵

【選任した代理人】

【識別番号】 100084146

【弁理士】

【氏名又は名称】 山崎 宏

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000- 29030

【出願日】 平成12年 2月 7日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013262

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0003090

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光素子およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子において、

上記発光層上に層数が1以上の半導体層が形成され、この半導体層の表面が粗面であることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体発光素子において、上記GaAs基板上に形成される発光層は、単層あるいは複数層からなる $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leqq y \leqq 1$ 、 $0 \leqq z \leqq 1$)であることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項3】 請求項1または2に記載の半導体発光素子において、表面が粗面である上記半導体層は、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leqq x \leqq 1$)からなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項4】 請求項3に記載の半導体発光素子において、上記 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leqq x \leqq 1$)からなる半導体層は、発光波長に対して透明であることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項5】 請求項3または4に記載の半導体発光素子において、上記 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leqq x \leqq 1$)からなる半導体層は、Alの混晶比xが0.5~0.8であることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項6】 請求項3, 4, 5のいずれか1つに記載の半導体発光素子において、上記 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leqq x \leqq 1$)からなる半導体層と上記発光層との間に、光取り出し側の電極から注入される電流を拡散させる $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leqq y \leqq 1$ 、 $0 \leqq z \leqq 1$)層を備えることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項7】 請求項1または2に記載の半導体発光素子において、表面が粗面である層は、 $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leqq y \leqq 1$ 、 $0 \leqq z \leqq 1$)からなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項8】 請求項7に記載の半導体発光素子において、上記表面が粗面である層は、GaAs基板に対して格子定数が0.5%以上異なることを特徴とす

る半導体発光素子。

【請求項9】 GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子の製造方法において、

上記発光層上に層数が1以上の半導体層を形成する工程と、その後にウエハ表面を粗面化する工程を有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項10】 請求項9に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記ウエハ表面を粗面化する工程は、フォトリソグラフィーおよびエッチングによってウエハ表面に光を散乱するパターンを形成する工程を含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項11】 請求項9に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記ウエハ表面を粗面化する工程は、ウエハ表面を研磨する工程を含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項12】 請求項9に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上に層数が1以上の半導体層を形成する工程は、発光層上に $Al_yGa_zI_{n_{1-y-z}}$ P ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)層を含む半導体層を形成する工程を含み、上記ウエハ表面を粗面化する工程は、塩酸中でウエハを煮沸する工程を含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項13】 GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子の製造方法において、

上記発光層上にGaAs基板に対して格子定数が0.5%以上異なる $Al_yGa_zI_{n_{1-y-z}}$ P ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)層を含む層数が1以上の半導体層を形成することによってウエハ表面を粗面化することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項14】 請求項9に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上に層数が1以上の半導体層を形成する工程は、発光層上に $Al_yGa_zI_{n_{1-y-z}}$ P ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)層および $Al_xGa_{1-x}As$ 層を含む半導体層を形成する工程を含み、上記ウエハ表面を粗面化する工程は、希釈フッ酸または希釈硝

酸によって処理する工程を含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、伝送用(特にIEE E 1394用)および表示用等に用いられる半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、光通信や情報表示パネル等に半導体発光素子が広く用いられている。これらの半導体発光素子は、発光効率が高いこと、光信用のものではさらに応答速度が高速であることが重要であり、近年開発が盛んに行われている。

最近、比較的短い距離の通信用にプラスチック光ファイバが利用され始め、このプラスチック光ファイバにとって損失が少ない波長領域は650nmであるので、この波長領域で高効率で発光しうるAlGaInP系の半導体材料を発光層にもつ高速応答LED(発光ダイオード)が開発されている。

一方、通常の面発光型LEDの応答性や発光効率を向上させる手段の1つとして、発光層を量子井戸構造にすることが行なわれている。また、光取出し効率を向上させる手段として、発光層とGaAs基板の間に反射率の高いDBR(Distributed Bragg Reflector:多層反射膜)を設けることが行なわれている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、上記発光層の下にDBRを設けた面発光型LEDでは、発光層が量子井戸活性層である場合、発光層の厚さが10nm程度と非常に薄くなるため、DBRからの反射光が発光層であまり吸収されずにLED外に放射される。そのため、垂直方向の反射波長が斜め方向の反射波長よりも長くなるというDBRの特性がLEDに反映されて、LEDの発光波長が放射角依存性をもつようになり、その放射角依存性は通常0.2~0.3nm/deg程度である。しかし、この程度の放射角依存性でも、LEDを表示用に用いた場合、見る角度によって色が変わってしまうという問題が生じる。

また、上記LEDを通信用光源に用いる場合、例えば垂直方向に接続されるプラスチック光ファイバにとって損失が少ない波長領域の650nmに発光波長ピークを持つようにLEDチップを作製すると、斜め方向の出射する光は、ピーク波長が650nmよりも短くなつて使用できなくなるという問題がある。

【0004】

そこで、本発明の目的は、半導体発光素子の発光層から発せられ、表面から出射される光を多方向に散乱させる手段を設けることによって、発光波長の放射角依存性を小さくすることができる半導体発光素子およびこの半導体発光素子を簡素に製造できる製造方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1の半導体発光素子は、GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子において、上記発光層上に層数が1以上の半導体層が形成され、この半導体層の表面が粗面であることを特徴とする。

【0006】

請求項1の半導体発光素子では、半導体発光素子の表面が、図1(B)に例示するように粗面であるので、図1(A)に例示する平坦面である場合に比して、発光層から発せられ、半導体発光素子の表面から外部に出射される光が、多方向に散乱されるから、半導体発光素子の発光波長の放射角依存性を小さくすることができる。一般に、発光層と基板の間に多層反射膜をもつ半導体発光素子では、発光層からの出た光と多層反射膜で反射した光が、あるいは多層反射膜で反射した光と素子表面で反射した光または再度多層反射膜で反射した光が干渉して、図24に示すように発光スペクトルにリップルが生じる。しかし、請求項1の半導体発光素子では、発光層上に形成された半導体層の表面が粗面になっているので、出射する光がこの粗面で散乱される結果、図25に示すように、上記リップルが緩和されて平均化された滑らかなスペクトル分布になる。従って、請求項1の半導体発光素子によれば、ピーク波長や発光半値幅などの素子特性におけるばらつき

を小さくすることができる。

【0007】

請求項2の半導体発光素子は、上記GaAs基板上に形成される発光層が、単層あるいは複数層からなる $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)であることを特徴とする。

【0008】

請求項2の半導体発光素子では、発光層が、単層あるいは複数層からなる $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)であるので、560nmから660nm程度のピーク波長を持つ発光が可能である。

【0009】

請求項3の半導体発光素子は、上記表面が粗面である上記半導体層が、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)からなることを特徴とする。

【0010】

請求項3の半導体発光素子では、製造時に表面を粗面にすべき半導体層が、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)からなるので、この半導体層に他の材料を用いた場合よりもエッチングが容易になる。

【0011】

請求項4の半導体発光素子は、上記 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)からなる半導体層が、発光波長に対して透明であることを特徴とする。

【0012】

請求項4の半導体発光素子では、表層に相当する上記 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)からなる半導体層が、発光波長に対して透明であるので、出射光が吸収されにくく、大きな光出力を得ることができる。

【0013】

請求項5の半導体発光素子は、上記 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)からなる半導体層のAlの混晶比xが0.5~0.8であることを特徴とする。

【0014】

上記半導体層の材料である $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)のAlの混晶比xが0.5以下になると、半導体層の透明度が低下して十分な光出力が得られない一方、Al

の混晶比xが0.8以上になると、Al酸化物に起因して半導体層の耐湿性に問題が生じる。しかし、請求項5の半導体発光素子では、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)のAlの混晶比xを0.5~0.8にしているので、光出力不足や耐湿性低下の問題がない。

【0015】

請求項6の半導体発光素子は、上記 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)からなる半導体層と上記発光層との間に、光取り出し側の電極から注入される電流を拡散させる $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$)層を備えることを特徴とする。

【0016】

請求項6の半導体発光素子では、製造時に表面を粗面にすべき半導体層が、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)からなるので、この半導体層に他の材料を用いた場合よりもエッチングが容易になるとともに、この半導体層と発光層との間に $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$)からなる電流拡散層があるので、光取り出し側の合計層厚を薄くして出射光の吸収を低減でき、波長が560nm付近の短波長の発生光も良好に出射させることができる。

【0017】

請求項7の半導体発光素子は、表面が粗面である層が、 $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$)からなることを特徴とする。

【0018】

請求項7の半導体発光素子では、表面が粗面である層が、 $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$)からなるので、560nm付近の短いピーク波長を持つ発生光も余り吸収されずに良好に出射される。

【0019】

請求項8の半導体発光素子は、上記表面が粗面である層が、GaAs基板に対して格子定数が0.5%以上異なることを特徴とする。

【0020】

請求項8の半導体発光素子では、製造時に表面を粗面にすべき層である $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$)の格子定数が、GaAs基板の格子定数に対して0.5%以上異なる。この格子定数の差に基づき、ウエハ表面は一連の結晶

成長のみによって粗面化できる。従って、結晶成長後に別途ウエハ表面を粗面化する工程を省くことができ、製造をより簡略化することができる。

【0021】

請求項9の半導体発光素子の製造方法は、GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上に層数が1以上の半導体層を形成する工程と、その後にウエハ表面を粗面化する工程を有することを特徴とする。

【0022】

請求項9の半導体発光素子の製造方法では、発光層上に層数が1以上の半導体層を形成した後にウエハ表面をのみ粗面化し、内部層は粗面化されていないので、多層反射膜の反射率を落とすことなく、発光層から発せられ、半導体発光素子の表面から外部に出射される光が、多方向に散乱されるから、半導体発光素子の発光波長の放射角依存性を小さくすることができる。

【0023】

請求項10の半導体発光素子の製造方法は、上記ウエハ表面を粗面化する工程が、フォトリソグラフィーおよびエッチングによってウエハ表面に光を散乱するパターンを形成する工程を含むことを特徴とする。

【0024】

請求項10の半導体発光素子の製造方法では、フォトリソグラフィーおよびエッチングによってウエハ表面に光を散乱するパターンを形成するので、微細で精度の高いパターンを形成することができる。

【0025】

請求項11の半導体発光素子の製造方法は、上記ウエハ表面を粗面化する工程が、ウエハ表面を研磨する工程を含むことを特徴とする。

【0026】

請求項11の半導体発光素子の製造方法では、ウエハ表面を研磨によって粗面化するので、請求項4の半導体発光素子の製造方法のような複雑なフォトリソグラフィーの工程がないから、より簡単な方法で半導体発光素子を製造できる。

【0027】

請求項12の半導体発光素子の製造方法は、上記発光層上に層数が1以上の半導体層を形成する工程が、発光層上に $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)層を含む半導体層を形成する工程を含み、上記ウエハ表面を粗面化する工程が、塩酸中でウエハを煮沸する工程を含むことを特徴とする。

【0028】

請求項12の半導体発光素子の製造方法では、塩酸中でウエハを煮沸することによってウエハ表面を粗面化するので、粗面化のためにウエハを保持する別の基板やシート等に貼り付ける工程およびウエハを洗浄する工程を省くことができ、請求項5の製造方法よりもさらに簡単化が図られる。

【0029】

請求項13の半導体発光素子の製造方法は、GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上にGaAs基板に対して格子定数が0.5%以上異なる $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)層を含む層数が1以上の半導体層を形成することによってウエハ表面を粗面化することを特徴とする。

【0030】

請求項13の半導体発光素子の製造方法では、格子定数の差により発光層に対してGaAs基板と反対側に形成された半導体層の表面が粗面になる。従って、一連の結晶成長のみによってウエハ表面が粗面化できるので、結晶成長後に別途ウエハ表面を粗面化する工程を省くことができ、請求項3、請求項4、請求項5および請求項6の製造方法よりもさらに簡略化が図られる。

【0031】

請求項14の半導体発光素子の製造方法は、上記発光層上に層数が1以上の半導体層を形成する工程が、発光層上に $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)層および $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)層を含む半導体層を形成する工程を含み、上記ウエハ表面を粗面化する工程が、希釈フッ酸または希釈硝酸によって処理する工程を含むことを特徴とする。

【0032】

請求項14の半導体発光素子の製造方法では、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)層の表面を希釀フッ酸または希釀硝酸によって(エッチング)処理することで粗面化が容易にできるとともに、波長が560nm付近の短波長の発生光も良好に出射させることができる。

【0033】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図示の実施の形態により詳細に説明する。

(実施形態1)

図2(A),(B)は、本発明の第1の実施形態であるAlGaInP系の半導体発光素子の平面図およびそのb-b線断面図である。図2(A),(B)において、1はn型のGaAs基板、2はn型のGaAsバッファ層、3はn型の $Al_{0.5}In_{0.5}P$ とn型の $(Al_{0.2}Ga_{0.8})_{0.5}In_{0.5}P$ を交互に20ペア積層してなるDBR(多層反射膜)、4はn型の $Al_{0.5}In_{0.5}P$ からなる第1クラッド層、5は80Å厚でGaInPの井戸層を $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}P$ のバリア層で挟んでなる量子井戸活性層、6はp型の $Al_{0.5}In_{0.5}P$ からなる第2クラッド層、7はp型の $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ からなる電流拡散層、8はp型の $(Al_{0.2}Ga_{0.8})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるエッチングストップ層、9はp型の $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ からなる光散乱層、10はSiO₂膜、11はp型電極、12は基板裏面のn型電極である。

【0034】

図3および図4(A),(B)は、図2の半導体発光素子の製造工程を示しており、図4(B)は平面図である図4(A)のb-b線断面図である。

上記半導体発光素子は、図3に示すように、(100)から法線が[011]方向に15°だけ傾斜した表面をもつn型のGaAs基板1上に、順次、1μm厚のn型GaAsバッファ層2、n型 $Al_{0.5}In_{0.5}P$ とn型 $(Al_{0.2}Ga_{0.8})_{0.5}In_{0.5}P$ の交互20ペア積層からなるDBR3、n型 $Al_{0.5}In_{0.5}P$ の第1クラッド層4、量子井戸活性層5、p型 $Al_{0.5}In_{0.5}P$ の第2クラッド層6、3μm厚のp型 $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ の電流拡散層7、0.1μm厚のp型 $(Al_{0.2}Ga_{0.8})_{0.5}In_{0.5}P$ のエッチングストップ層8、3μmのp型 $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ の光散乱層9をMOCVD(有

機金属気相成長)法により積層する。

ここで、n型 $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ とn型 $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の交互20ペア積層からなるDBR3は、反射スペクトルの中心が650nmになるようにする。

また、量子井戸活性層5の発光ピーク波長も650nmになるようにする。

【0035】

次に、図4(B)に示すように、ウエハ表面にCVD法によって SiO_2 膜10を形成し、フォトリソグラフィーおよび希釈HFによるエッチングによって図4(A)の如き $70\ \mu\text{m}\phi$ の円形状の電流経路を形成する。

その後、図2に示すように、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ の光散乱層9および SiO_2 膜10上にAuZn/Mo/Auをスパッタし、フォトリソグラフィーによるパターニングにより表面電極を形成し、続いて熱処理してp型電極11を得る。

さらに、p型電極11が形成されていない $70\ \mu\text{m}\phi$ の円形状の電流経路内のp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 光散乱層9の表面に、フォトリソグラフィーおよび硫酸/過酸化水素系エッチャントによって $5\ \mu\text{m}$ ピッチの格子パターンを形成する。このとき、エッチングは、p型 $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ のエッチングストップ層8に達するまで行なって格子パターンの深さを制御する。最後に、GaAs基板1の裏面を略 $280\ \mu\text{m}$ まで研磨し、この研磨した面にAuGe/Auを蒸着した後、熱処理してn型電極12を形成する。

【0036】

図5は、表面が粗面化された上記第1実施形態の半導体発光素子と、表面が粗面化されていない従来の半導体発光素子について、その発光ピーク波長を放射角を変化させて測定した結果を示している。第1実施形態の半導体発光素子は、表面に設けたp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ の光散乱層9に $5\ \mu\text{m}$ ピッチで格子パターンが形成されているので、図中の三角印で示す従来の粗面化されていない半導体発光素子に比して、図中の丸印で示すように、発光波長の放射角依存性が小さくなっている。

多層反射膜であるDBR3は、全膜厚が略 $2\ \mu\text{m}$ であるが、この程度の厚さならGaAs基板1との熱膨張率差による基板の反りやダークラインの発生は認められない。また、DBR3の層数を20ペアにすることによって略90%の高反射

率を実現している。

上記半導体発光素子について、温度80°, 温度85%中で50mAの通電試験を行なったところ、1000時間経過後の光出力が初期の90%であった。また、上記半導体発光素子は、電流狭窄構造になっているので、内部量子効率、外部出射効率が共に高く、初期光出力は20mAで1.6mWと高い値を示した。

【0037】

(実施形態2)

図6(A),(B)は、本発明の第2の実施形態であるAlGaInP系の半導体発光素子の平面図およびそのb-b線断面図である。図6(A),(B)において、21はn型のGaAs基板、22はn型のGaAsバッファ層、23はn型のAlAsとn型のAl_{0.5}Ga_{0.5}Asを交互に30ペア積層してなるDBR、24はn型のAl_{0.5}In_{0.5}Pからなる第1クラッド層、25は80Å厚のGaInPからなる2つの井戸層の間と両側に(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}Pのバリア層を設けてなる量子井戸活性層、26はp型のAl_{0.5}In_{0.5}Pからなる第2クラッド層、27はp型のAl_{0.5}Ga_{0.5}Asからなる電流拡散層、28はp型電極、29は基板裏面のn型電極である。

【0038】

図7、図8および図9(A),(B)は、図6の半導体発光素子の製造工程を示しており、図9(B)は平面図である図9(A)のb-b線断面図である。

上記半導体発光素子は、図7に示すように、(100)から法線が[011]方向に15°だけ傾斜した表面をもつn型のGaAs基板21上に、順次、1μm厚のn型GaAsバッファ層22、n型AlAsとn型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asの交互30ペア積層からなるDBR23、n型Al_{0.5}In_{0.5}Pの第1クラッド層24、量子井戸活性層25、p型Al_{0.5}In_{0.5}Pの第2クラッド層26、10μm厚のp型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asの電流拡散層27をMOCVD法により積層する。

ここで、n型AlAsとn型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asの交互30ペア積層からなるDBR23は、反射スペクトルの中心が650nmになるようにする。また、量子井戸活性層25の発光ピーク波長も650nmになるようにする。

【0039】

次に、図8に示すように、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 厚のp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ からなる電流拡散層27の表面を、出射光を散乱させるべく数 μm だけ研磨して粗面化する。

さらに、図9に示すようにp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ の電流拡散層27上に $\text{AuZn}/\text{Mo}/\text{Au}$ をスパッタし、フォトリソグラフィーによるパターニングにより中央に突出する円形の表面電極を形成し、続いて熱処理してp型電極28を得る。

最後に、図6(B)に示すように、 GaAs 基板21の裏面を略 $280\text{ }\mu\text{m}$ まで研磨し、この研磨した面に AuGe/Au を蒸着した後、熱処理してn型電極29を形成する。

【0040】

こうして得られた第2実施形態の半導体発光素子は、ウエハ表面を研磨により粗面化するので、第1実施形態の粗面化に要した複雑なフォトリソグラフィーの工程が不要になるから、工程を簡略化することができる。上記半導体発光素子の発光波長の放射角依存性は、図5で第1実施形態について述べたと同様、十分小さくなっている。また、多層反射膜であるDBR23は、n型 AlAs とn型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ の交互層の層数を30ペアにしているので、99%の反射率を実現できる。なお、第1実施形態のDBR3は、 AlGaInP 系の材料からなるため、 GaAs からなる基板1との熱膨張率の差が大きく、30ペアも積層すると結晶中に転位が発生しやすくなって、ダークラインや基板の反りなどの欠陥が生じる。これに対し、第2実施形態のDBR23は、 GaAs 基板21と熱膨張率が近い AlGaAs 系の材料からなるので、ダークラインや基板の反りなどの問題は生じない。

第2実施形態の半導体発光素子についても、第1実施形態と同様、温度80°、湿度85%中で50mAの通電試験を行ない、1000時間経過後の光出力が初期の90%という結果が得られた。また、初期の20mAでの光出力が1.0mWであり、この値は、第2実施形態が電流狭窄構造でないため、光取出し効率が第1実施形態に比べて略4割低下することを考慮すれば、十分高いといえる。

【0041】

(実施形態3)

図10(A),(B)は、本発明の第3の実施形態である AlGaInP 系の半導体発

光素子の平面図およびそのb-b線断面図である。図10(A),(B)において、41はn型のGaAs基板、42はn型のGaAsバッファ層、43はn型のAlAsとn型のAl_{0.7}Ga_{0.3}Asを交互に70ペア積層してなるDBR、44はn型のAl_{0.5}In_{0.5}Pからなる第1クラッド層、45は80Å厚の(Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.5}In_{0.5}Pからなる4つの井戸層の間と両側に(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}Pのバリア層を設けてなる量子井戸活性層、46はp型のAl_{0.5}In_{0.5}Pからなる第2クラッド層、47はp型のAlGaInPからなる中間層、48はp型のAlGaInPからなる第1電流拡散層、49はn型のAlGaInPからなる電流狭窄層、51はp型のAlGaInPからなる第2電流拡散層、52はp型電極、53は基板裏面のn型電極である。

【0042】

図11、図12(A),(B)および図13(A),(B)は、図10の半導体発光素子の製造工程を示しており、図12(B),図13(B)は平面図である夫々図12(A),図13(A)のb-b線断面図である。

上記半導体発光素子は、図11に示すように、(100)から法線が[011]方向に15°だけ傾斜した表面をもつn型のGaAs基板41上に、順次、1μm厚のn型GaAsバッファ層42、n型AlAsとn型Al_{0.7}Ga_{0.3}Asの交互70ペア積層からなるDBR43、n型Al_{0.5}In_{0.5}Pの第1クラッド層44、量子井戸活性層45、p型Al_{0.5}In_{0.5}Pの第2クラッド層46、0.15μm厚のp型AlGaInPの中間層47、1μm厚のp型AlGaInPの第1電流拡散層48、0.3μm厚のn型AlGaInPの電流狭窄層49、0.01μm厚のn型GaAsのキャップ層50をMOCVD法により積層する。

ここで、n型AlAsとn型Al_{0.7}Ga_{0.3}Asの交互70ペア積層からなるDBR43は、反射スペクトルの中心が570nmになるようにする。また、量子井戸活性層45の発光ピーク波長も570nmになるようにする。

【0043】

次に、n型GaAsのキャップ層50を硫酸／過酸化水素系エッチャントで除去した後、図12(A),(B)に示すように、フォトリソグラフィーおよび硫酸／過酸化水素系エッチャントにより、n型AlGaInPの電流狭窄層49の中央をp

型AlGaInPの第1電流拡散層48に達するまでエッティングして、 $70\text{ }\mu\text{m}\phi$ の円形状の電流経路を形成する。

その後、図13に示すように、n型AlGaInPの電流狭窄層49およびp型AlGaInPの第1電流拡散層48上に $7\text{ }\mu\text{m}$ 厚のp型AlGaInPの第2電流拡散層51を再成長させる。

さらに、図10(B)に示すように、p型AlGaInPの第2電流拡散層51上にAuBe/Auを蒸着し、フォトリソグラフィーおよびAuエッチャントによるエッティングによって図10(A)の如き表面電極を形成した後、熱処理してp型電極52を得る。

次いで、ウエハを $65\sim70^\circ\text{C}$ の塩酸中で煮沸して、p型電極52で覆われていないp型AlGaInPの第2電流拡散層51の表面を粗面化する。最後に、GaAs基板41の裏面を略 $280\text{ }\mu\text{m}$ まで研磨し、この研磨した面にAuGe/Auを蒸着した後、熱処理してn型電極53を形成する。

【0044】

こうして得られた第3実施形態の半導体発光素子は、ウエハを塩酸中で煮沸して表面を粗面化しているので、第2実施形態の場合のようにウエハをシートや他のウエハ等に貼り付けて研磨した後、取り外して洗浄するという工程が不要になるから、工程を簡略化することができる。上記半導体発光素子の発光波長の放射角依存性は、既述の第1,第2実施態様と同じく十分小さくなっている。また、DBR43の層数を70ペアにしているので、99%以上の反射率を実現できる。なお、第3実施形態のDBR43は、GaAs基板41と熱膨張率が近いAlGaAs系の材料からなるので、その全厚が略 $7\text{ }\mu\text{m}$ と第1実施形態の場合よりも更に厚くなっていても、ダークラインや基板の反りなどの問題は生じない。

第3実施形態の半導体発光素子についても、第1,第2実施形態と同様、温度 80°C ,温度85%中で 50 mA の通電試験を行ない、1000時間経過後の光出力が初期の105%という結果が得られた。また、初期光出力は、図10(A)と図2(A)を比較すれば判るように、発光部上の枝状電極の面積を第1実施形態の場合よりも小さくしているので、光取り出し効率が略1割だけ向上して、 0.4 mW と 570 nm の発光波長の発光ダイオードとしては高い値を示した。

【0045】

(実施態様4)

図14(A),(B)は、本発明の第4の実施形態であるAlGaInP系の半導体発光素子の平面図およびそのb-b線断面図である。図14(A),(B)において、61はn型のGaAs基板、62はn型のGaAsバッファ層、63はn型のAlAsとn型のAl_{0.5}Ga_{0.5}Asを交互に30ペア積層してなるDBR、64はn型のAl_{0.5}In_{0.5}Pからなる第1クラッド層、65は80Å厚でGaInPの井戸層を(A_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}Pのバリア層で挟んでなる量子井戸活性層、66はp型のAl_{0.5}In_{0.5}Pからなる第2クラッド層、67はp型のAlGaInPからなる中間層、68はp型のAlGaInPからなる第1電流拡散層、69はn型のAlGaInPからなる電流狭窄層、71はp型のAlGaInPからなる第2電流拡散層、72はp型電極、73は基板裏面のn型電極である。

【0046】

図15、図16(A),(B)および図17(A),(B)は、図14の半導体発光素子の製造工程を示しており、図16(B),図17(B)は平面図である夫々図16(A),図17(A)のb-b線断面図である。

上記半導体発光素子は、図15に示すように、(100)から法線が[011]方向に15°だけ傾斜した表面をもつn型のGaAs基板61上に、順次、1μm厚のn型GaAsバッファ層62、n型AlAsとn型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asの交互30ペア積層からなるDBR63、n型Al_{0.5}In_{0.5}Pの第1クラッド層64、量子井戸活性層65、p型Al_{0.5}In_{0.5}Pの第2クラッド層66、0.15μm厚のp型AlGaInPの中間層67、1μm厚のp型Al_{0.01}Ga_{0.98}In_{0.01}Pの第1電流拡散層68、0.3μm厚のn型Al_{0.01}Ga_{0.98}In_{0.01}Pの電流狭窄層69、0.01μm厚のn型GaAsのキャップ層70をMOCVD法により積層する。

ここで、n型AlAsとn型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asの交互30ペア積層からなるDBR63は、反射スペクトルの中心が650nmになるようにする。また、量子井戸活性層65の発光ピーク波長も650nmになるようにする。

【0047】

次に、n型GaAsのキャップ層70を硫酸／過酸化水素系エッチャントで除去

した後、図16(A),(B)に示すように、フォトリソグラフィーおよび硫酸／過酸化水素系エッチャントにより、n型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の電流狭窄層69の中央をp型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の第1電流拡散層68に達するまでエッチングして、 $70\mu\text{m}\phi$ の円形状の電流経路を形成する。

その後、図17(B)に示すように、n型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の電流狭窄層69およびp型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の第1電流拡散層68上に $7\mu\text{m}$ 厚のp型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の第2電流拡散層71を再成長させる。この段階でGaAs基板61の格子定数に比して略3.6%格子定数の小さい $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の各層68, 69, 71が、p型AlGaInP中間層67上に合計略8 μm の厚さで形成されているので、この格子定数の差によってウエハ表面、つまりp型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の第2電流拡散層71の表面は粗面になる。

【0048】

さらに、図14(B)に示すように、p型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の第2電流拡散層71上にAuBe/Auを蒸着し、フォトリソグラフィーおよびAuエッチャントによるエッチングによって図14(A)の如き表面電極を形成した後、熱処理してp型電極72を得る。

最後に、GaAs基板61の裏面を略 $280\mu\text{m}$ まで研磨し、この研磨した面にAuGe/Auを蒸着した後、熱処理してn型電極73を形成する。

【0049】

こうして得られた第4実施形態の半導体発光素子は、発光層である量子井戸活性層65上にGaAs基板61に対して格子定数が0.5%以上異なる $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)層を含む3つの半導体層68, 69, 71を形成してウエハ表面を粗面化するので、第1～3実施形態の場合のように結晶成長後にウエハ表面を粗面化する別途工程が不要になるから、工程を簡略化することができる。

第4実施形態の半導体発光素子についても、第1～第3実施形態と同様、温度80°C, 温度85%中で50mAの通電試験を行ない、1000時間経過後の光出力が初期の90%という結果が得られた。また、初期光出力は20mAで1.7mWと十分高い値を示した。

【0050】

図18は、上記第4実施形態の半導体発光素子について発光ピーク波長の放射角依存性を測定した結果を示す図5と同様の図である。第4実施形態の半導体発光素子では、格子定数差によるウエハ表面の粗面化の程度が他の実施形態よりも小さいため、発光波長の放射角依存性は、図中の丸印で示すように図中の三角印の粗面化なしの場合よりは格段に良いが、僅かに傾いていて他の実施形態に比して依存性が大きくなっている。

【0051】

(実施形態5)

図19(A),(B)は、本発明の第5の実施形態であるAlGaInP系の半導体発光素子の平面図およびそのb-b線断面図である。図19(A),(B)において、81はn型のGaAs基板、82はn型のGaAsバッファ層、83はn型のAlAsとn型のAl_{0.5}Ga_{0.5}Asを交互に30ペア積層してなるDBR、84はn型のAl_{0.5}In_{0.5}Pからなる第1クラッド層、85は80Å厚のGaInPからなる2つの井戸層の間と両側にAlGaInPのバリア層を設けてなる量子井戸活性層、86はp型のAlInPからなる第2クラッド層、87はp型のAlGaInPからなる中間層、88はp型のAlGaInPからなる第1電流拡散層、89はn型のAlGaInPからなる電流狭窄層、91はp型のAlGaInPからなる第2電流拡散層、92はAl_{0.6}Ga_{0.4}Asからなる光散乱層、94はp型電極、95はn型電極である。

【0052】

図20、図21(A),(B)、図22(A),(B)および図23(A),(B)は、図19の半導体発光素子の製造工程を示しており、図21(B)、図22(B)、図23(B)は、平面図である夫々図21(A)、図22(A)、図23(A)のb-b線断面図である。

上記半導体発光素子は、図20に示すように、(100)から法線が[011]方向に15°だけ傾斜した表面をもつn型のGaAs基板81上に順次1μm厚のn型のGaAsバッファ層82、n型AlAsとn型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asの交互30ペア積層からなるDBR83、n型Al_{0.5}In_{0.5}Pの第1クラッド層84、量子井戸活性層8

5、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の第2クラッド層86、 $0.15\mu\text{m}$ 厚のp型 AlGaInP の中間層87、 $1\mu\text{m}$ 厚のp型 AlGaInP の第1電流拡散層88、 $0.3\mu\text{m}$ 厚のn型 AlGaInP の電流狭窄層89、 $0.01\mu\text{m}$ 厚のn型 GaAs のキャップ層90をMO CVD法により積層する。

ここで、n型 AlAs とn型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ の交互30ペア積層からなるDBR83は、反射スペクトルの中心が650nmになるようにする。また、量子井戸活性層85の発光ピーク波長も650nmになるようにする。

【0053】

次に、n型 GaAs のキャップ層90を硫酸／過酸化水素系エッチャントで除去した後、図21に示すように、フォトリソグラフィーおよび硫酸／過酸化水素系エッチャントによりn型 AlGaInP の電流狭窄層89をp型 AlGaInP の第1電流拡散層88に達するまでエッチングして、 $70\mu\text{m}\phi$ の円形状の電流経路を形成する。

その後、図22に示すように、n型 AlGaInP の電流狭窄層89およびp型 AlGaInP の第1電流拡散層88上に $7\mu\text{m}$ 厚のp型 AlGaInP の第2電流拡散層91、 $3\mu\text{m}$ 厚のp型 $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ の光散乱層92、 $0.1\mu\text{m}$ 厚のp型 GaAs のキャップ層93を順次再成長させる。

【0054】

さらに、図23に示すように、p型 $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ の光散乱層92およびp型 GaAs のキャップ層93を中心部が $100\mu\text{m}\phi$ の大きさで $70\mu\text{m}\phi$ の電流経路上に残るようにパターニングする。

その後、p型 GaAs のキャップ層93およびp型 AlGaInP の第2電流拡散層91を覆うように全面に $\text{AuBe}/\text{Mo}/\text{Au}$ を蒸着し、フォトリソグラフィーおよび Au エッチャントと Mo エッチャントを用いたエッチングによって、p型 GaAs のキャップ層93が露出するように $\text{AuBe}/\text{Mo}/\text{Au}$ をエッチングする。次いで、硫酸／過酸化水素系エッチャントでp型 GaAs のキャップ層93を図19(B)の如く除去し、露出したp型 $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ の光散乱層92の表面を、希釈フッ酸で処理して粗面化し、さらに熱処理によって周縁部をp型電極94とする。

最後に、GaA基板の裏面を略280μmまで研磨し、この研磨した面にAuGe/Auを蒸着した後、熱処理してn型電極95を形成する。

【0055】

こうして得られた第5実施形態の半導体発光素子は、第2電流拡散層91の上層の光拡散層92を粗面化するから、第2電流拡散層51を直接粗面化する第3実施形態(図10参照)に比べて、図23に示す円形状パターニングのためのフォトリソグラフィー工程が余分に必要になる。他方、第5実施形態の半導体発光素子では、光取り出し側のp型電極94の材料にバリアメタルとしてMoを含むAuBe/Mo/Auを用いているので、第3実施形態に比べて動作電圧を低くすることができます。なぜなら、第3実施形態では、塩酸中で煮沸して粗面化を行うため、バリアメタルのないAuBe/Auをp型電極52に用いる必要があるから、バリアメタルのある第5実施形態に比して動作電圧が約0.1V高くなるのである。また、バリアメタルのない第3実施形態では、下層のGaが電極表面へ拡散して、ボンディング性が悪化し、歩留まりが低下するが、第5実施例ではこのような問題は生じない。

【0056】

一方、第5実施形態による半導体発光素子の発光波長の放射角依存性は、図5で述べた第1実施形態と同様に小さくなっている。また、DBR(多層反射膜)83にn型AlAsとn型Al_{0.5}Ga_{0.5}AsからなるAlGaAs系の30ペア積層を用いたので、99%の反射率が達成できるうえ、GaAs基板に対する熱膨張率の差がより大きいAlGaN系のDBR3を用いた第1実施形態に比して、30ペアの積層でも結晶中に転位が発生したり、ダークラインや基板のそり等が発生することが少ない。

上記半導体発光素子について、温度80°, 温度85%中で50mAの通電試験を行なったところ、1000時間経過後で光出力が初期の90%であり、初期光出力も20mAで1.7mWが得られた。さらに、20mAにおける動作電圧は、2.2Vと、第3実施形態の20mA, 発光波長650nmにおける動作電圧2.3Vに比して0.1V低電圧化することができた。

【0057】

なお、本実施形態ではAlGaAsの光散乱層92のAl混晶比を発生光が吸収される関係から0.6としたが、光散乱層が発光波長に対して透明であればAl混晶比を0.6以下にすることもできる。但し、混晶比は、粗面化工程の制御性保持の観点から0.5以上、耐湿性保持の観点から0.8以下にするのが望ましい。

また、本実施形態では、AlGaAsの光散乱層92をp型としたが、表面が粗面でかつ光を散乱する限りアンドープ型またはn型とすることもできる。

【0058】

【発明の効果】

以上の説明で明らかのように、請求項1の半導体発光素子は、GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子において、上記発光層上に層数が1以上の半導体層が形成され、この半導体層の表面が粗面であるので、発光層から放射された光が半導体発光素子からその外部に出射されるときに多方向に散乱されるので、発光波長の放射角依存性を小さくすることができるとともに、発生光と多層反射膜からの反射光とが干渉して生じる発光スペクトルのリップルも出射時の散乱で緩和することができる。

【0059】

請求項2の半導体発光素子は、請求項1に記載の半導体発光素子において、上記GaAs基板上に形成される発光層が、単層あるいは複数層からなる $Al_yGa_zI_{n_{1-y-z}P}$ ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)であるので、550nmから680nm程度で発光する半導体発光素子を得ることができる。

【0060】

請求項3の半導体発光素子は、上記表面が粗面である上記半導体層が、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)からなるので、この半導体層に他の材料を用いた場合よりもエッチングが容易になる。

【0061】

請求項4の半導体発光素子は、上記 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)からなる半導体層が、発光波長に対して透明であるので、出射光が吸収されにくく、大きな光出力を得ることができる。

【0062】

請求項5の半導体発光素子は、上記 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)からなる半導体層の Al の混晶比xが0.5~0.8であるので、適度な透明度を有して十分な光出力が得られるとともに、耐湿性に問題が生じない。

【0063】

請求項6の半導体発光素子は、上記 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)からなる半導体層と上記発光層との間に、光取り出し側の電極から注入される電流を拡散させる $AlGaInP$ 層を備えるので、粗面層に他の材料を用いた場合よりもエッチングが容易になるとともに、電流拡散層によって光取出し側の合計層厚を薄くして短波長の発生光も良好に出射させることができる。

【0064】

請求項7の半導体発光素子は、表面が粗面である層が、 $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$)からなるので、粗面層が $Al_xGa_{1-x}As$ からなる場合よりも層厚を薄くでき、短波長の発生光も良好に出射させることができる。

【0065】

請求項8に記載の半導体発光素子は、上記粗面層が、 $GaAs$ 基板に対して格子定数が0.5%以上異なる材料からなるので、この格子定数の差により上は表面を結晶成長のみによって粗面化でき、製造工程を簡略化することができる。

【0066】

請求項9の半導体発光素子の製造方法は、 $GaAs$ 基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜が $GaAs$ 基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上に層数が1以上の半導体層を形成する工程と、その後にウエハ表面を粗面化する工程を有するので、多層反射膜の反射率を落とすことなく発光層から放射された光を半導体発光素子からその外部に出射させるときに多方向に散乱させて発光波長の放射角依存性を小さくすることができる。

【0067】

請求項10の半導体発光素子の製造方法は、請求項9に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記ウエハ表面を粗面化する工程が、フォトリソグラフィ

ーおよびエッチングによってウエハ表面に光を散乱するパターンを形成する工程を含むので、フォトリソグラフィーおよびエッチングによりウエハ表面に光を散乱するような微細パターンが形成されるから、精度の高いパターン形成が可能である。

【0068】

請求項11の半導体発光素子の製造方法は、請求項9に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記ウエハ表面を粗面化する工程が、ウエハ表面を研磨する工程を含むので、請求項4の半導体発光素子の製造方法に比較してフォトリソグラフィーの工程がないから、より簡単な方法で半導体発光素子を製造できる。

【0069】

請求項12の半導体発光素子の製造方法は、請求項9に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上に層数が1以上の半導体層を形成する工程が、発光層上に $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)層を含む半導体層を形成する工程を含み、上記ウエハ表面を粗面化する工程は、塩酸中でウエハを煮沸する工程を含むので、粗面化の際にウエハを保持する別の基板やシート等への貼り付け工程および洗浄工程が不要になるから、請求項5の製造方法より簡単化することができる。

【0070】

請求項13の半導体発光素子の製造方法は、GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上にGaAs基板に対して格子定数が0.5%以上異なる $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)層を含む層数が1以上の半導体層を形成することによってウエハ表面を粗面化するので、一連の結晶成長のみによってウエハ表面が粗面化できるから、結晶成長の後に別途ウエハ表面を粗面化する工程が不要になり、請求項9, 10, 11, 12の製造方法よりも工程を簡略化することができる。

【0071】

請求項14の半導体発光素子の製造方法は、上記発光層上に層数が1以上の半導体層を形成する工程が、発光層上にAlGaInP層およびAlGaAs層を含む

半導体層を形成する工程を含み、上記ウエハ表面を粗面化する工程が、希釈フッ酸または希釈硝酸によって処理する工程を含むので、粗面化が容易にできるとともに、波長が560nm付近の短波長の発生光も良好に出射させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 ウエハ表面の粗面化による光散乱を平坦面と比較して示す模式図である。

【図2】 本発明の第1実施形態による半導体発光素子の平面図およびそのb-b線断面図である。

【図3】 第1実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図4】 第1実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのb-b線断面図である

【図5】 第1実施形態の半導体発光素子のピーク波長の放射角依存性を示す図である。

【図6】 本発明の第2実施形態による半導体発光素子の平面図およびそのb-b断面図である。

【図7】 第2実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図8】 第2実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図9】 第2実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのb-b断面図である。

【図10】 本発明の第3実施形態による半導体発光素子の平面図およびそのb-b線断面図である。

【図11】 第3実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図12】 第3実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのb-b線断面図である。

【図13】 第3実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す表面図およびびそのb-b線断面図である。

【図14】 本発明の第4実施形態による半導体発光素子の平面図およびそのb-b線断面図である。

【図15】 第4実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図16】 第4実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのb-b線断面図である。

【図17】 第4実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのb-b線断面図である。

【図18】 第4実施形態の半導体発光素子のピーク波長の放射角依存性を示す図である。

【図19】 本発明の第5実施形態による半導体発光素子の平面図およびそのb-b線断面図である。

【図20】 第5実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図21】 第5実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのb-b線断面図である。

【図22】 第5実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのb-b線断面図である。

【図23】 第5実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのb-b線断面図である。

【図24】 従来の半導体発光素子において発生光と多層反射膜からの反射光の干渉により出射光スペクトルに生じるリップルを示す図である。

【図25】 本発明の半導体発光素子の出射光スペクトルを示す図である。

【符号の説明】

1,21,41,61,81 n型GaAs基板

2,22,42,62,82 n型GaAsバッファ層

3 n型DBR(n型AlGaInP系多層反射層)

4,24,44,64,84 n型Al_{0.5}In_{0.5}Pクラッド層

5,25,45,65,85 量子井戸活性層

6,26,46,66,86 p型Al_{0.5}In_{0.5}Pクラッド層

7,27 p型Al_{0.5}Ga_{0.5}As電流拡散層

8 p型($\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}$)_{0.5}In_{0.5}Pエッチングトップ層

9 p型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asの光散乱層

10 SiO₂膜

11,28,52,72,94 p型電極

12,29,53,73,95 n型電極

23,43,63,83 n型DBR(n型AlGaAs系多層反射層)

47,67,87 p型AlGaInP中間層

48,68,88 p型AlGaInP第1電流拡散層

49,69,89 n型AlGaInP電流狭窄層

50,70,90,93 n型GaAsキャップ層

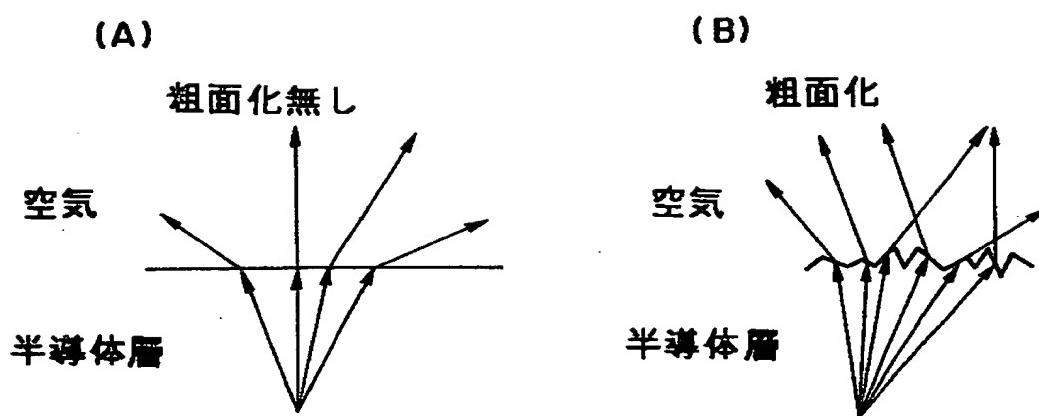
51,71,91 p型AlGaInP第2電流拡散層

92 p型AlGaAs光散乱層

93 p型GaAsキャップ層

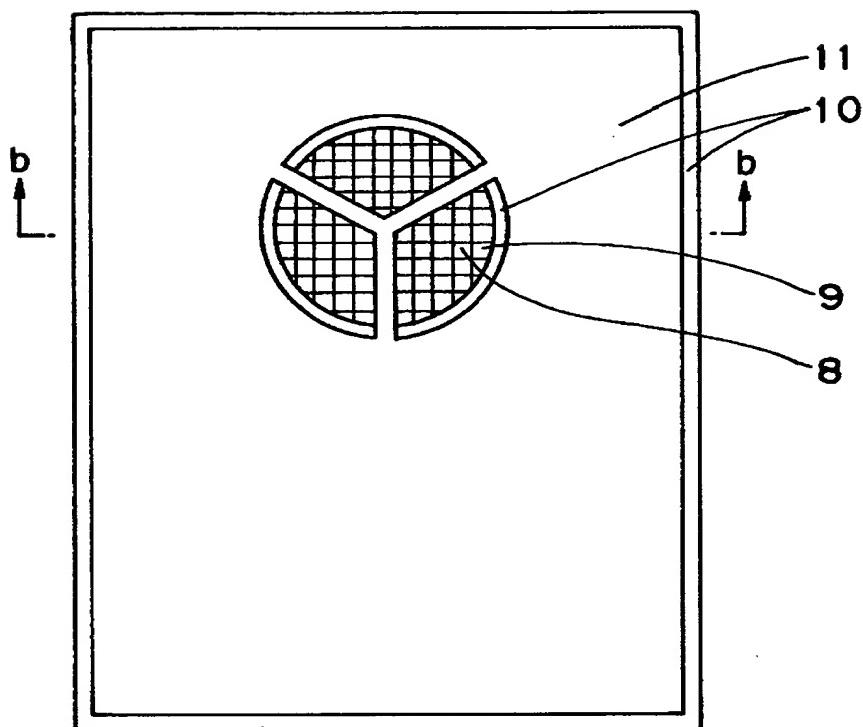
【書類名】 図面

【図1】

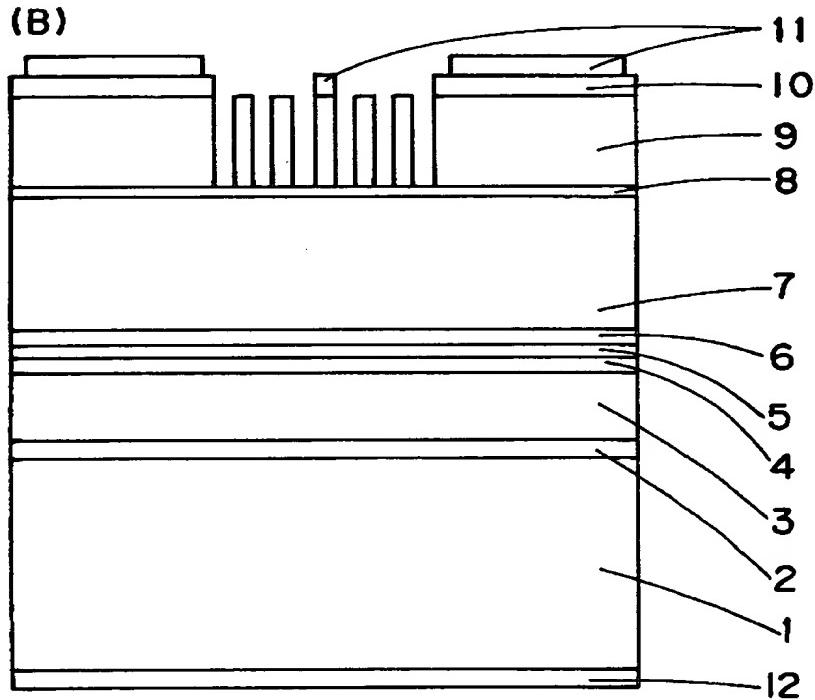


【図2】

(A)

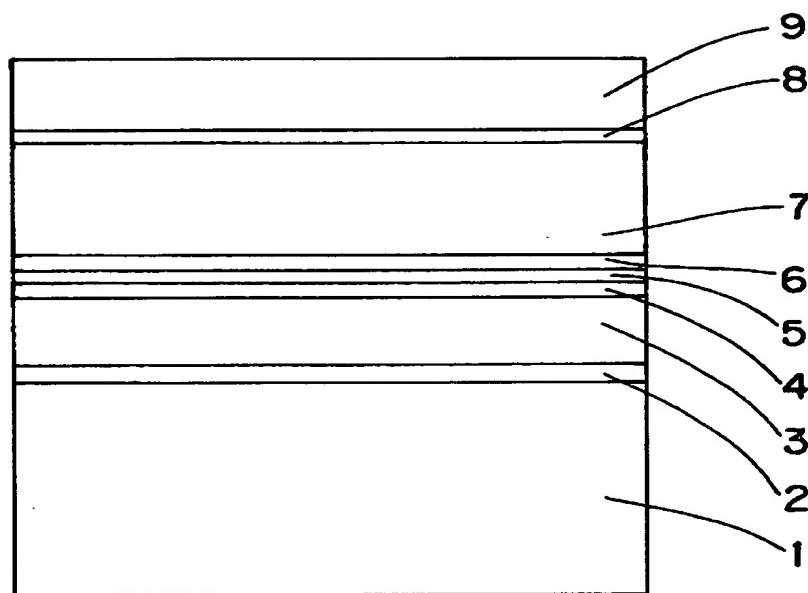


(B)



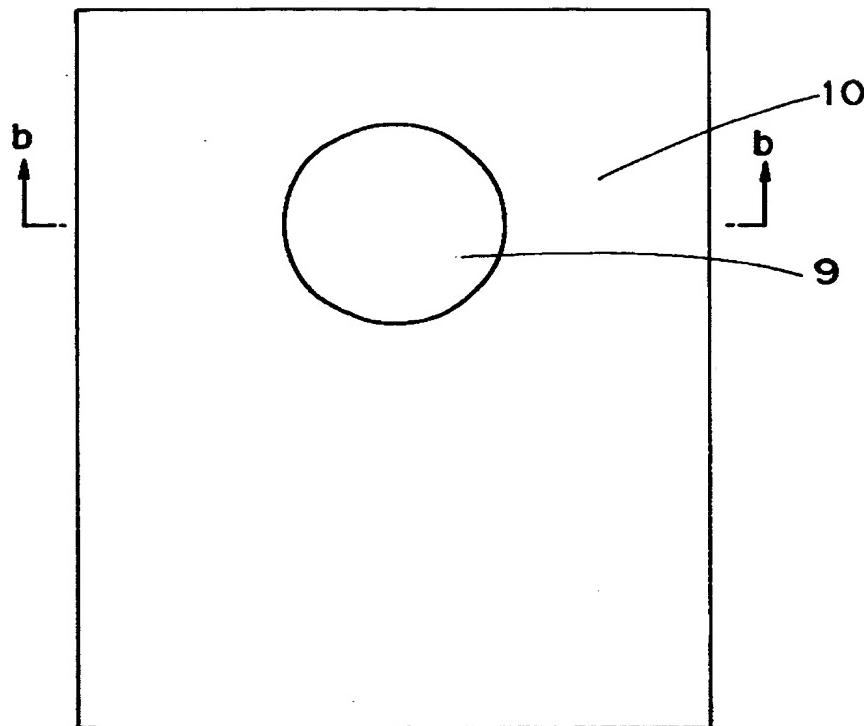
特2000-372776

【図3】

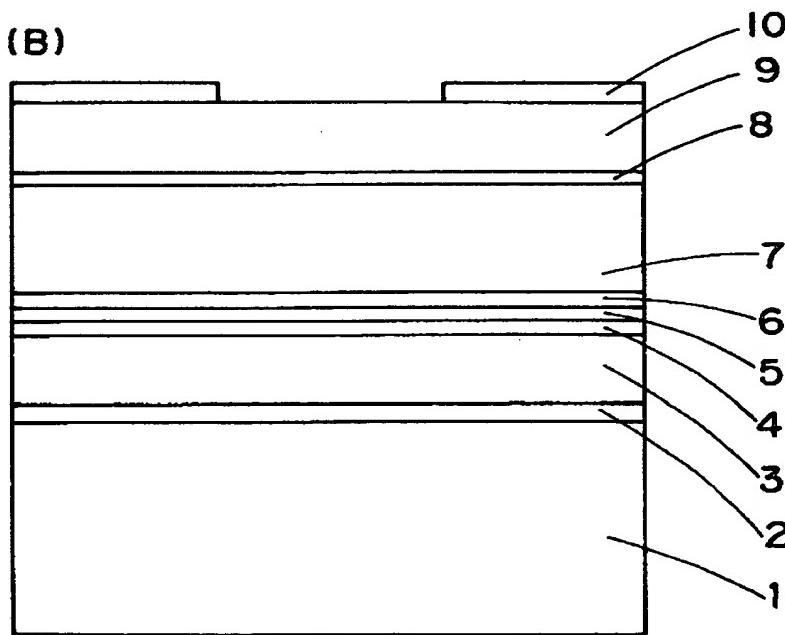


【図4】

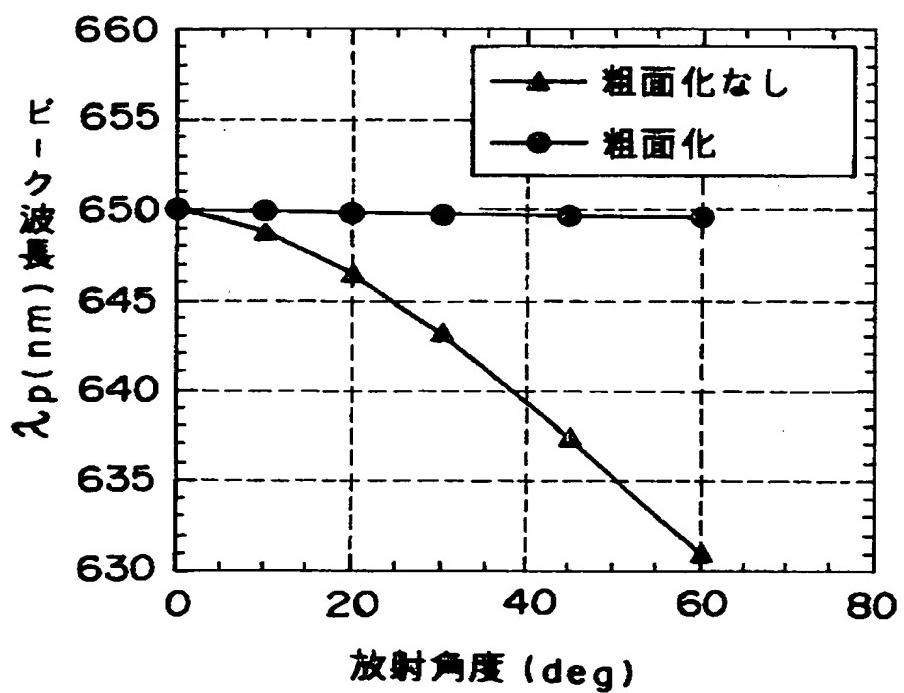
(A)



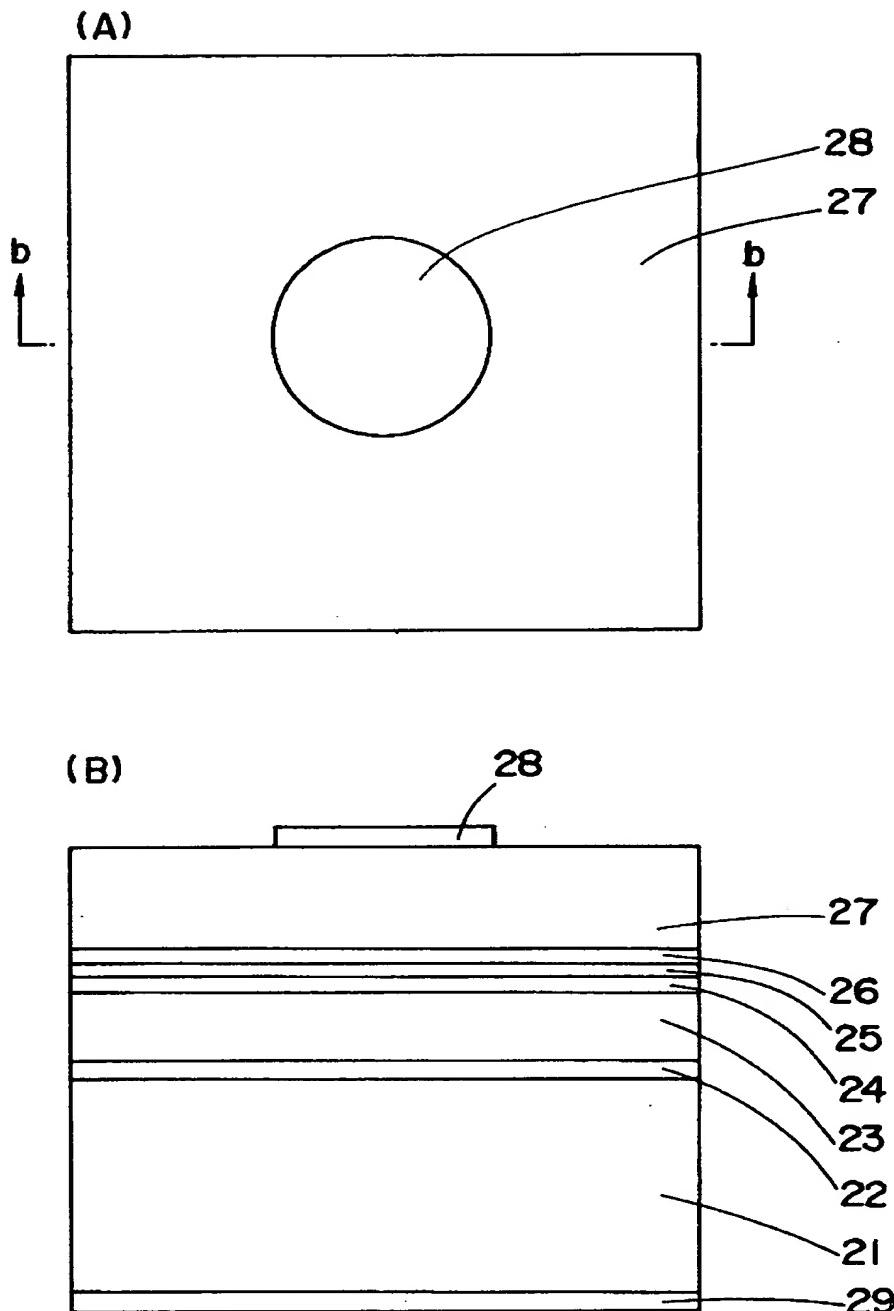
(B)



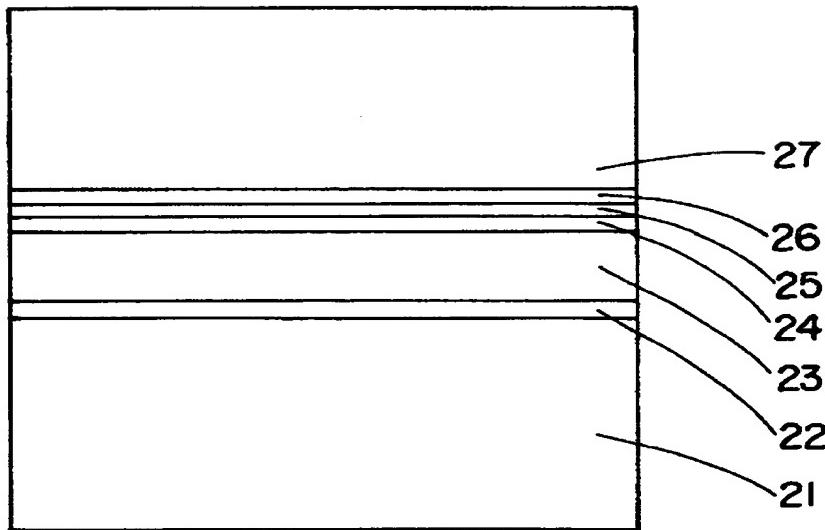
【図5】



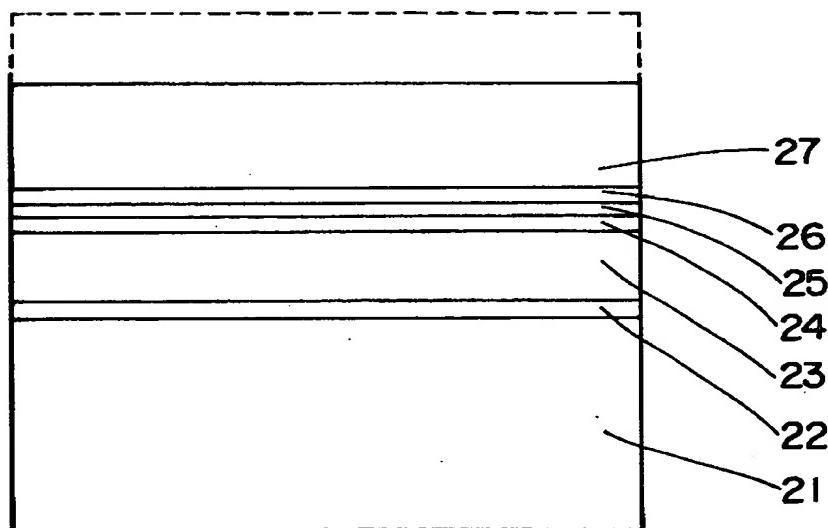
【図6】



【図7】

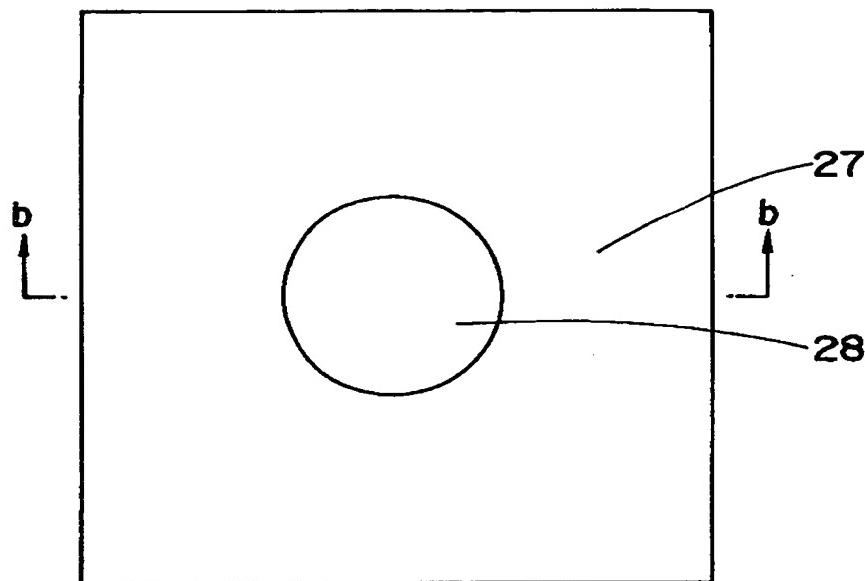


【図8】

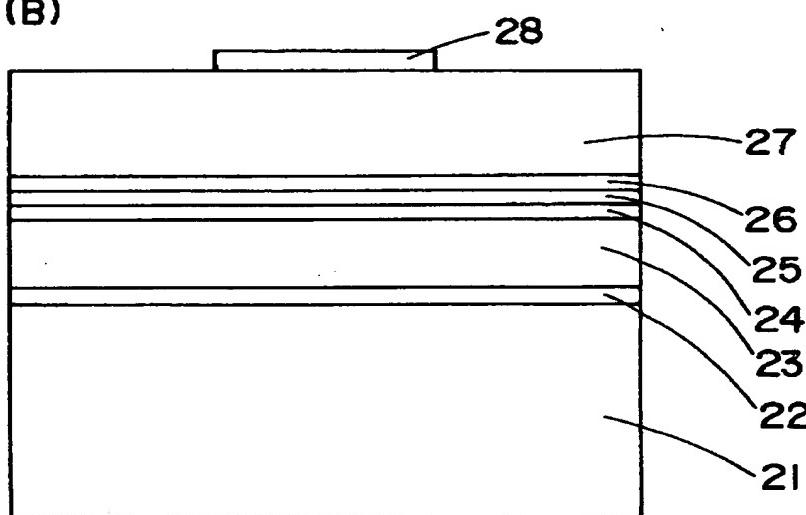


【図9】

(A)

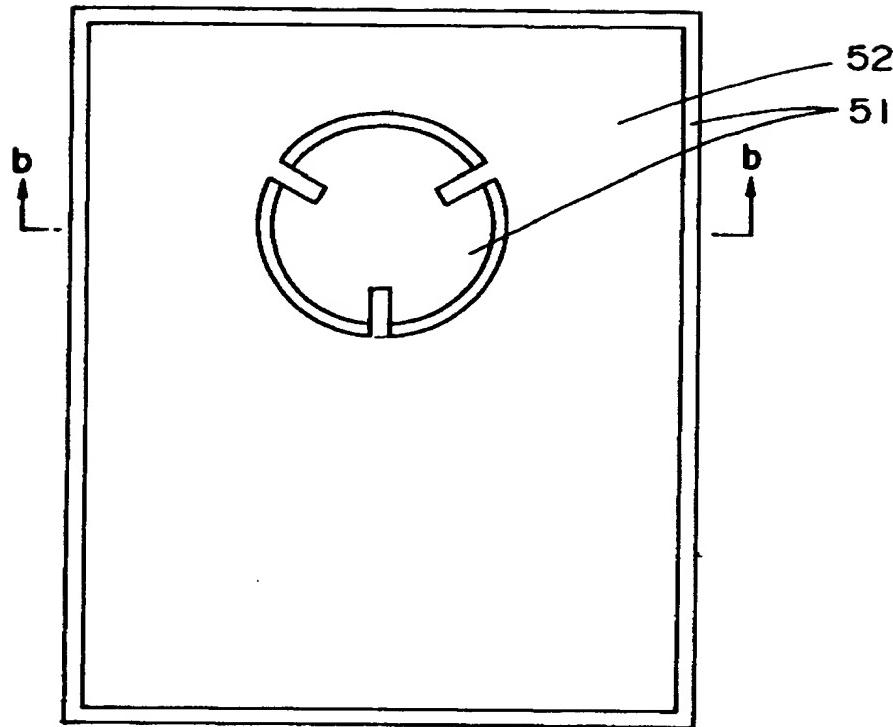


(B)

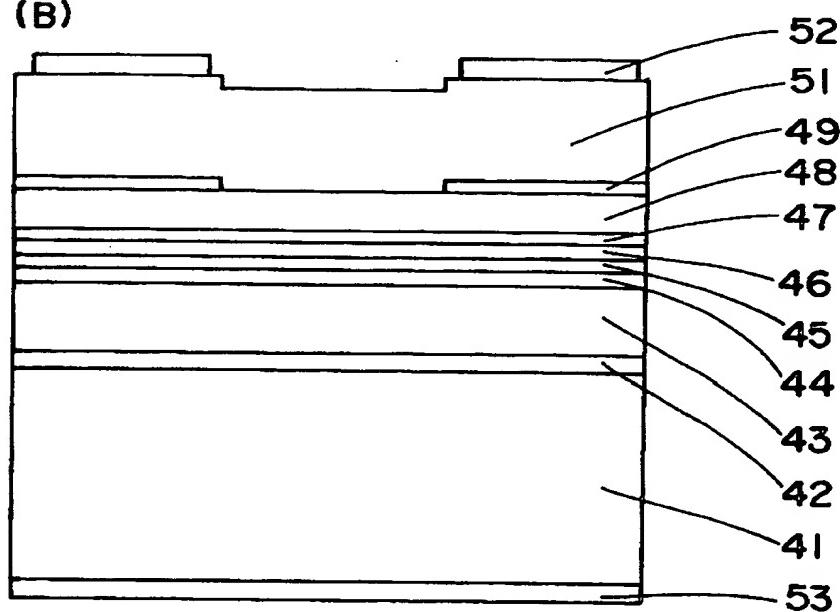


【図10】

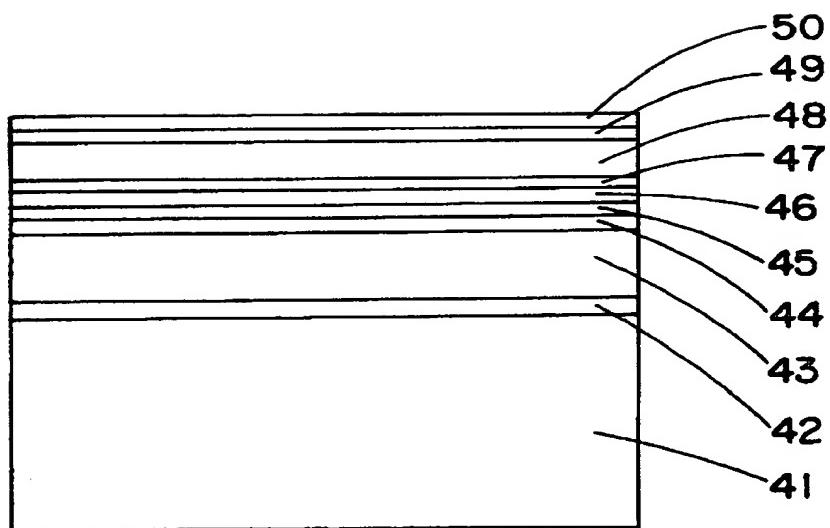
(A)



(B)

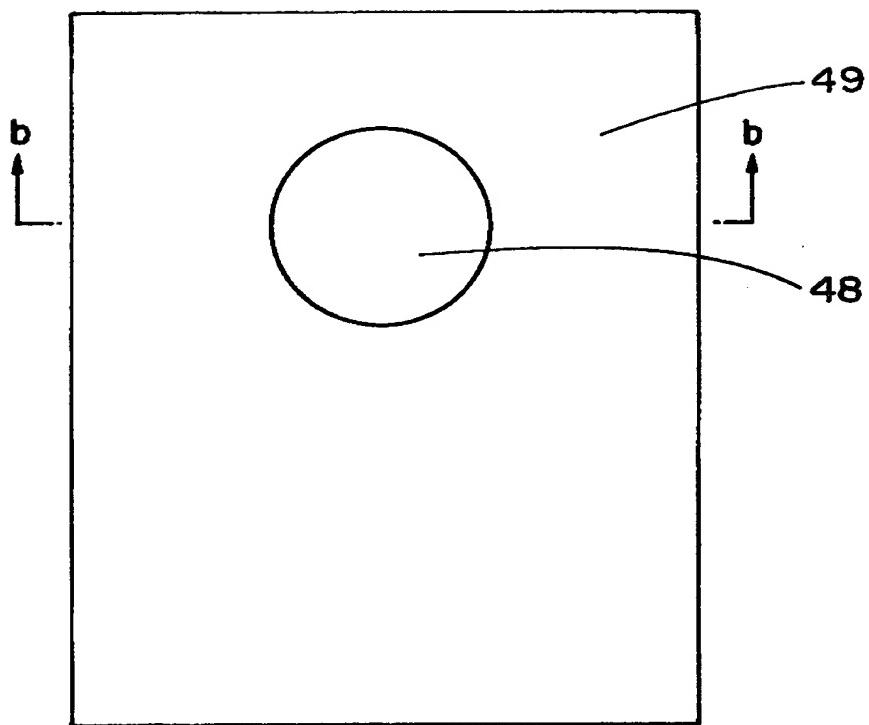


【図11】

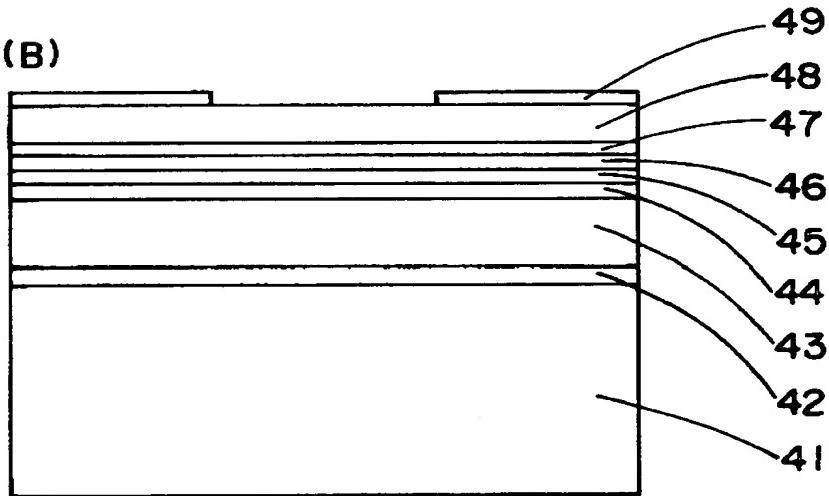


【図12】

(A)

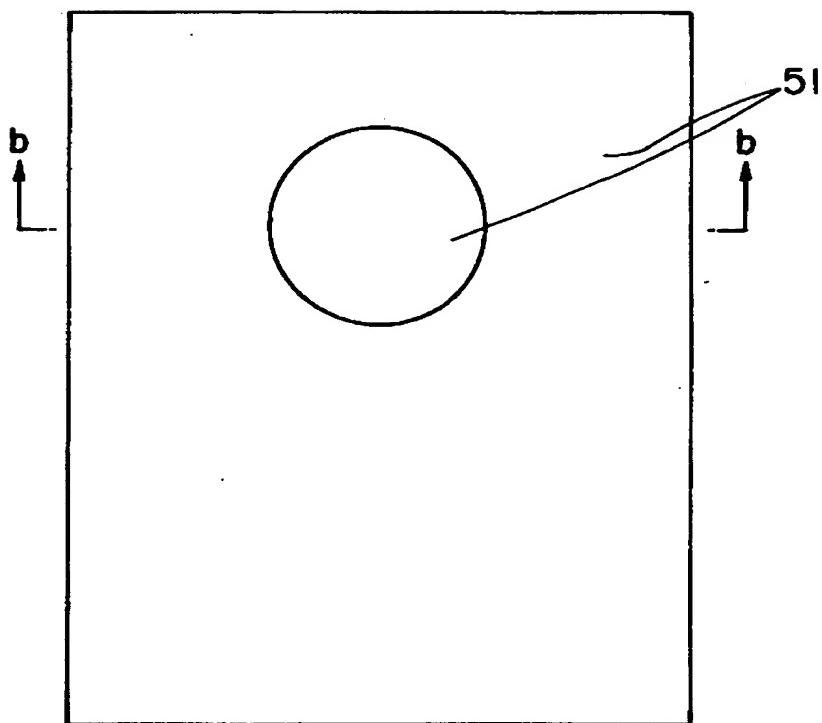


(B)

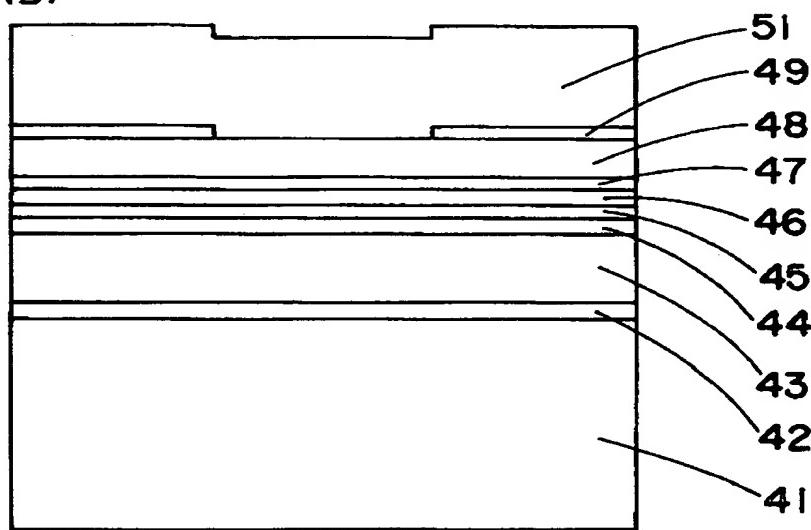


【図13】

(A)

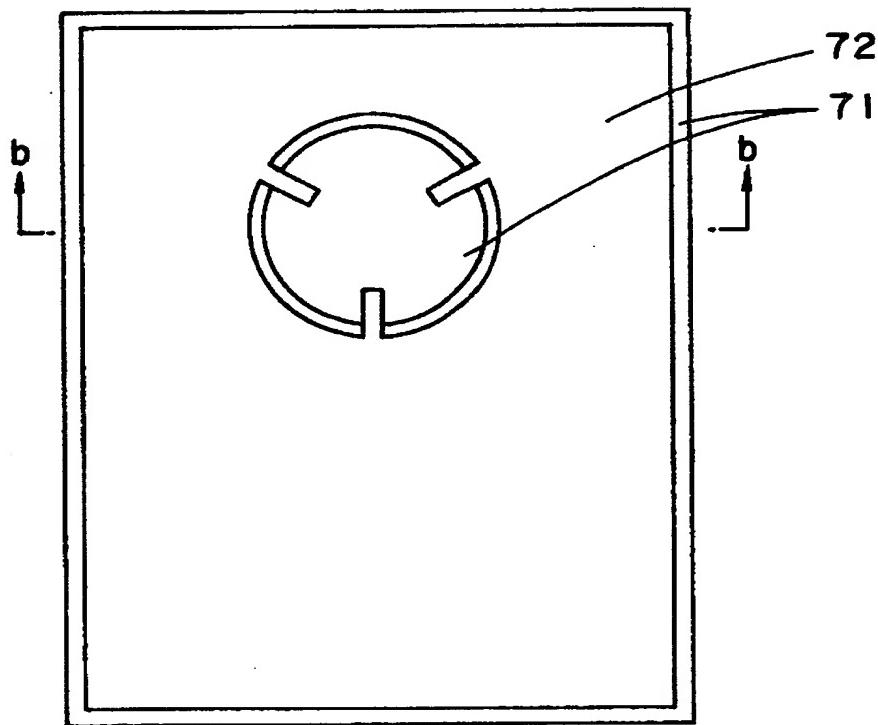


(B)

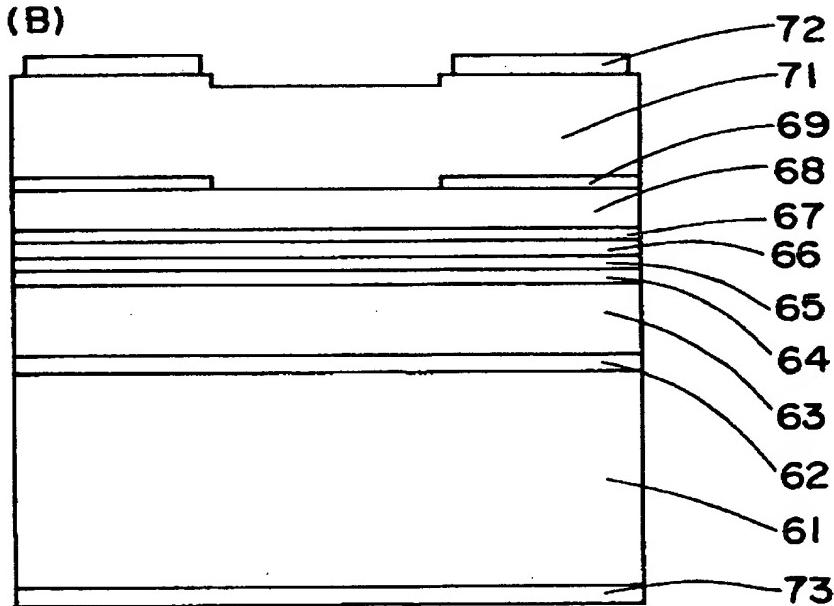


【図14】

(A)

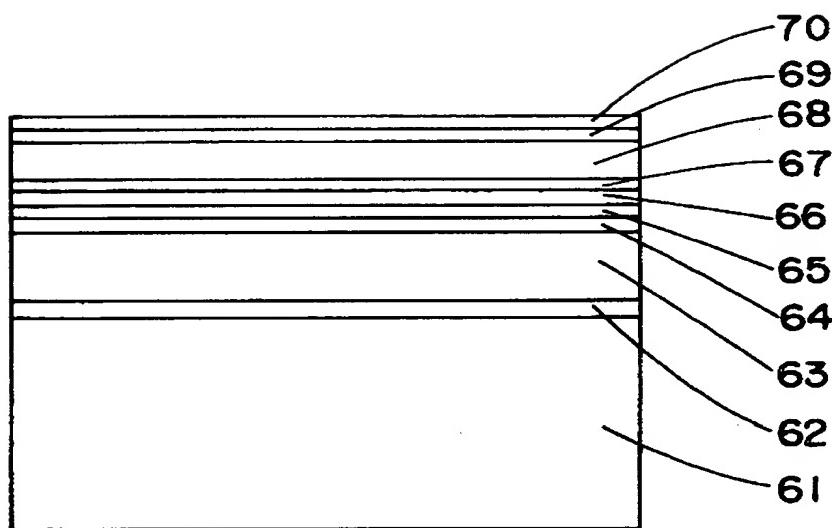


(B)



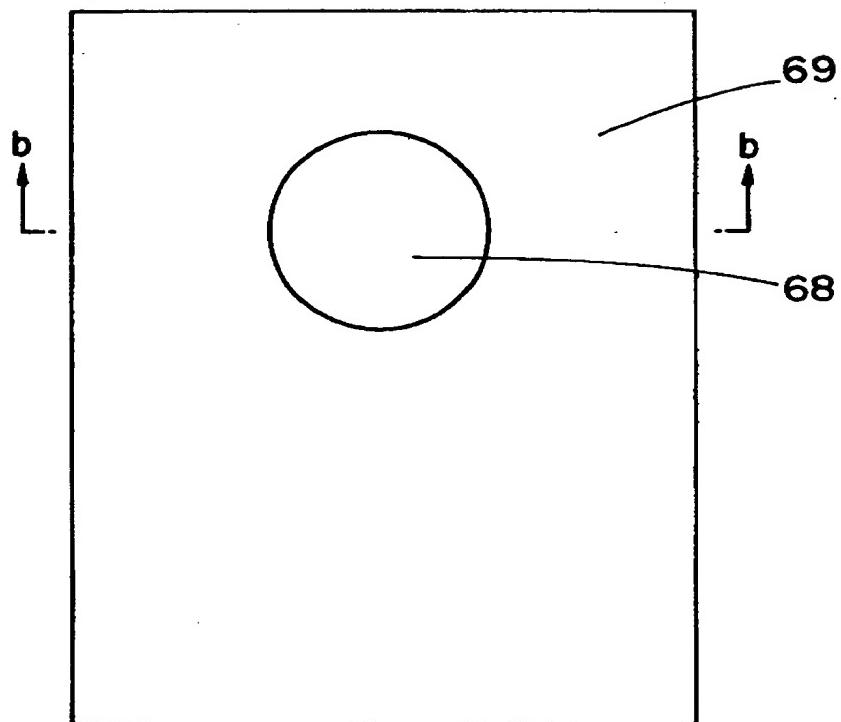
特2000-372776

【図15】

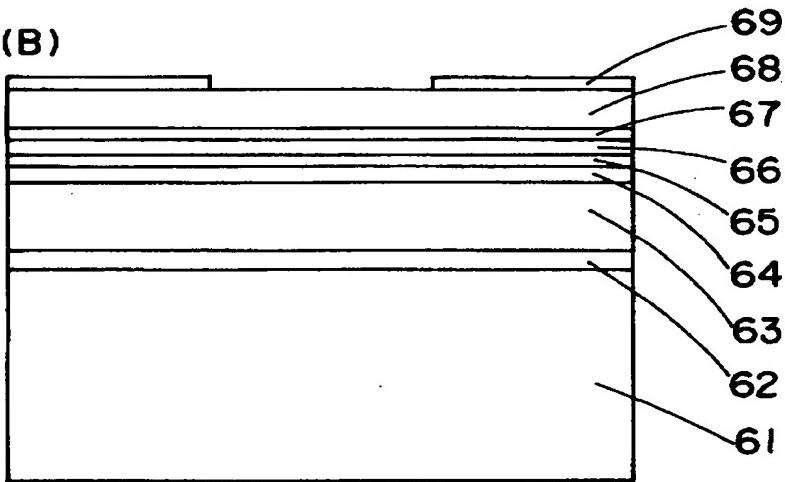


【図16】

(A)

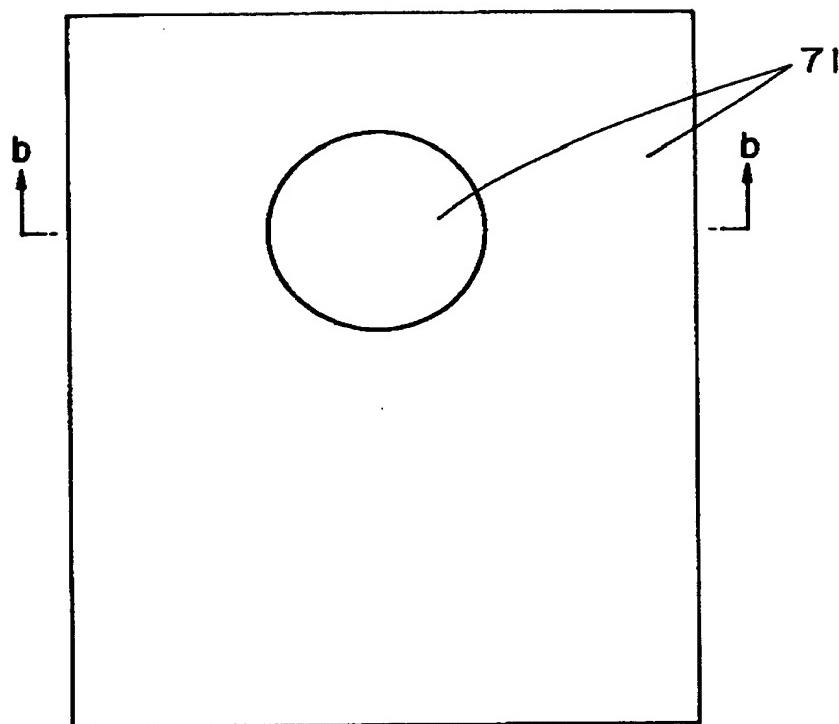


(B)

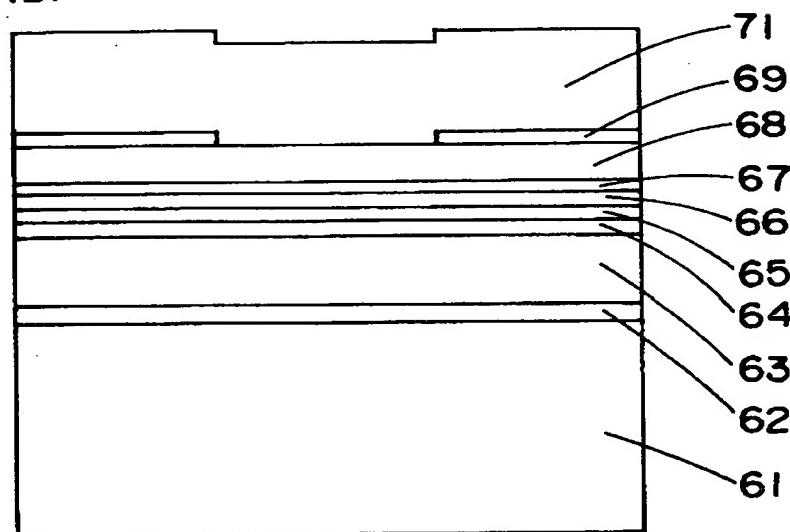


【図17】

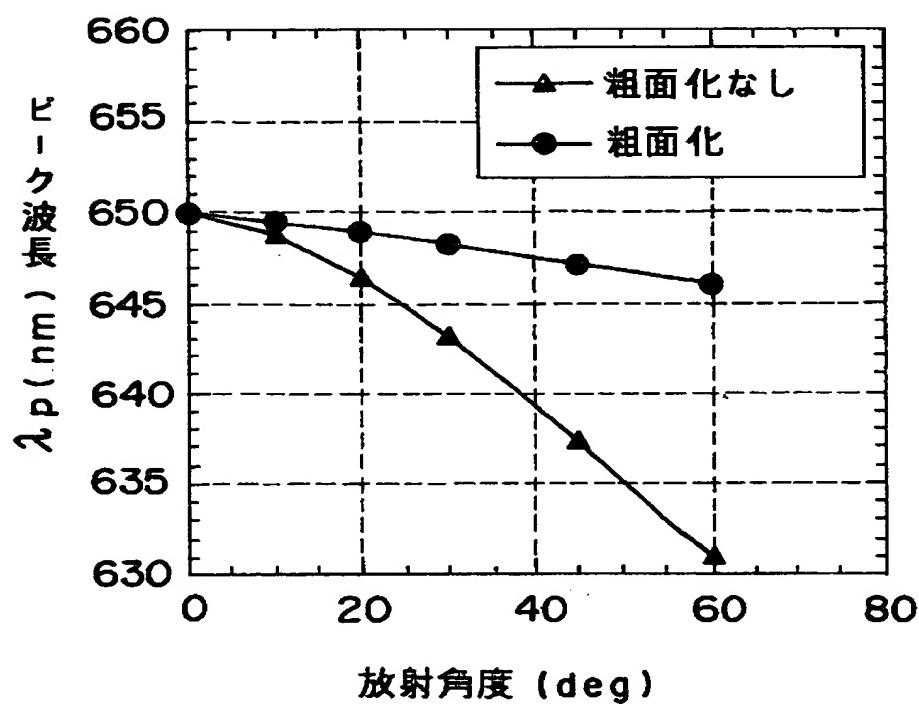
(A)



(B)

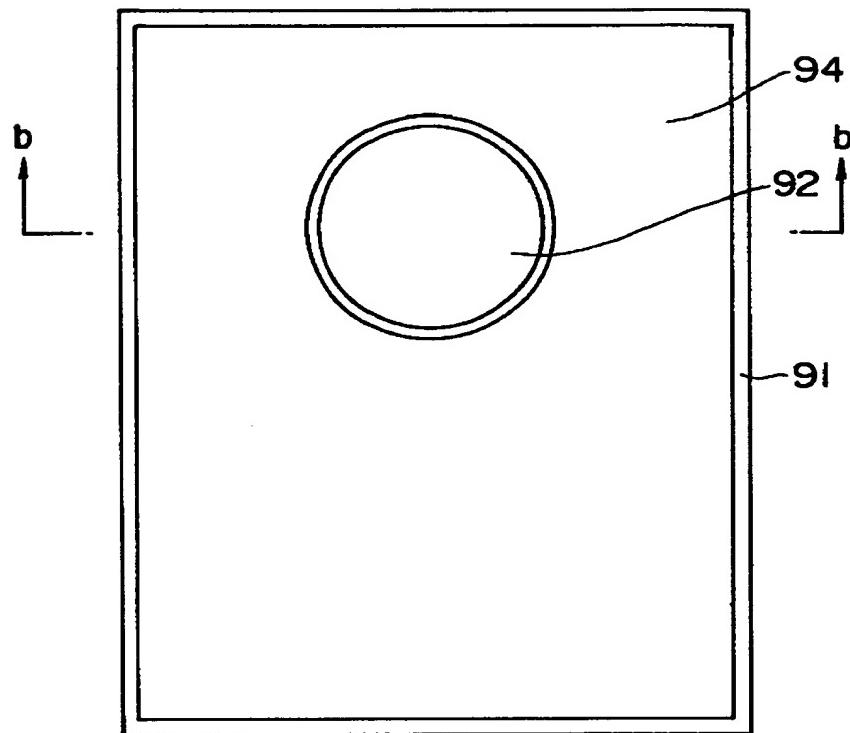


【図18】

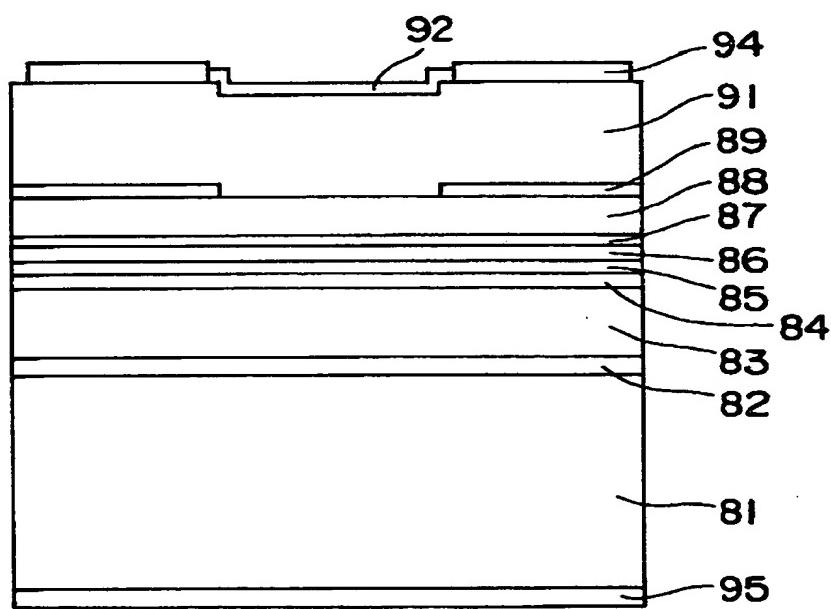


【図19】

(A)

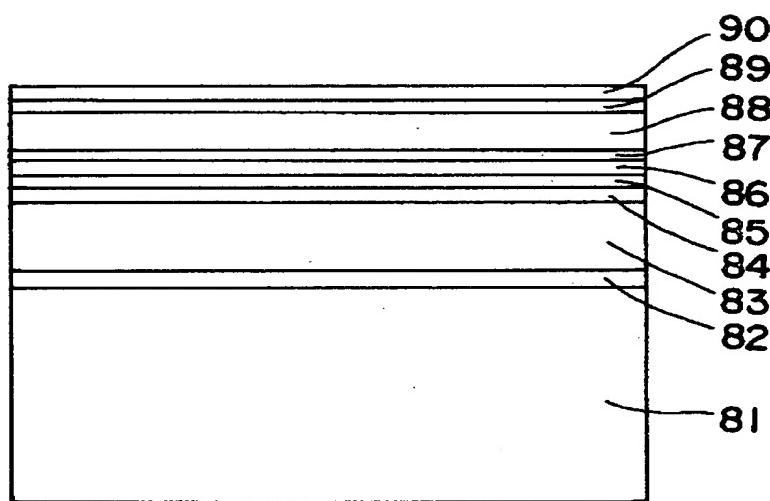


(B)



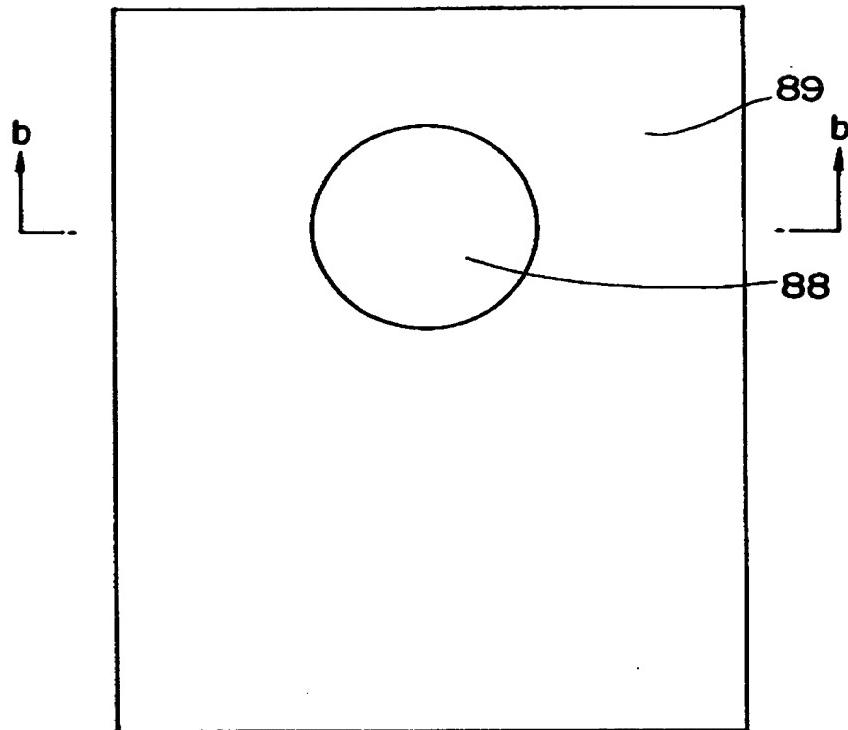
特2000-372776

【図20】

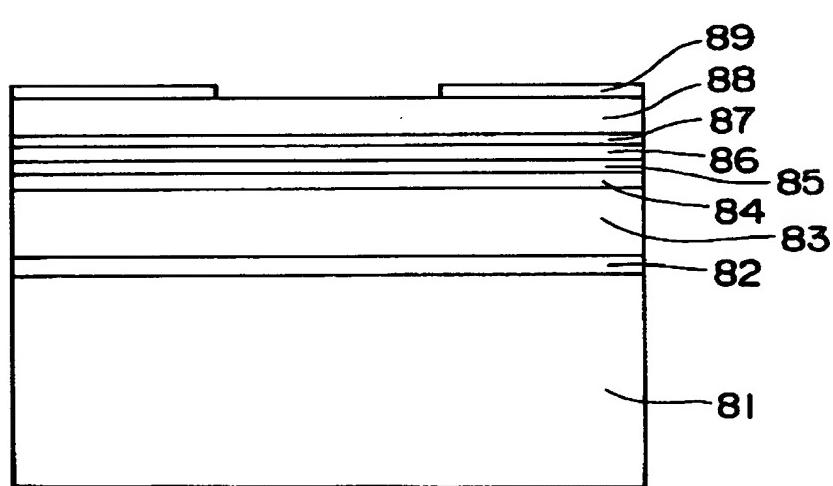


【図21】

(A)

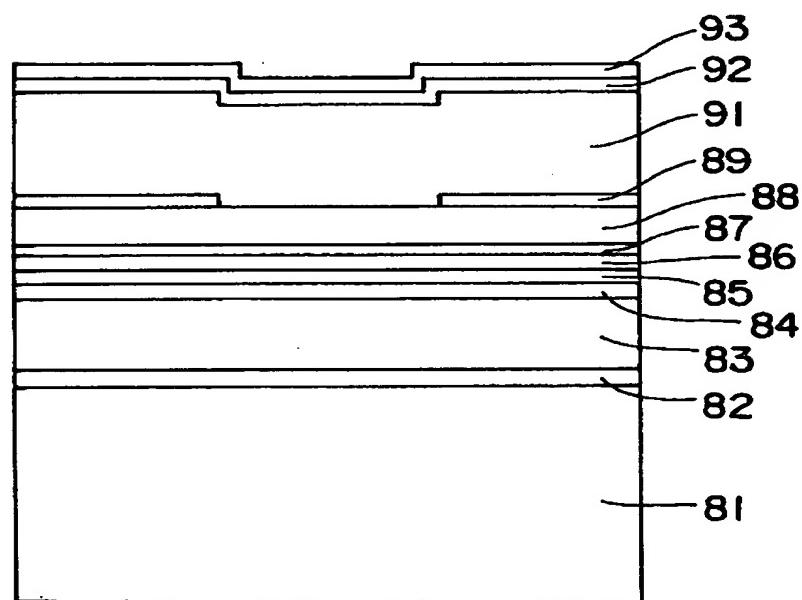
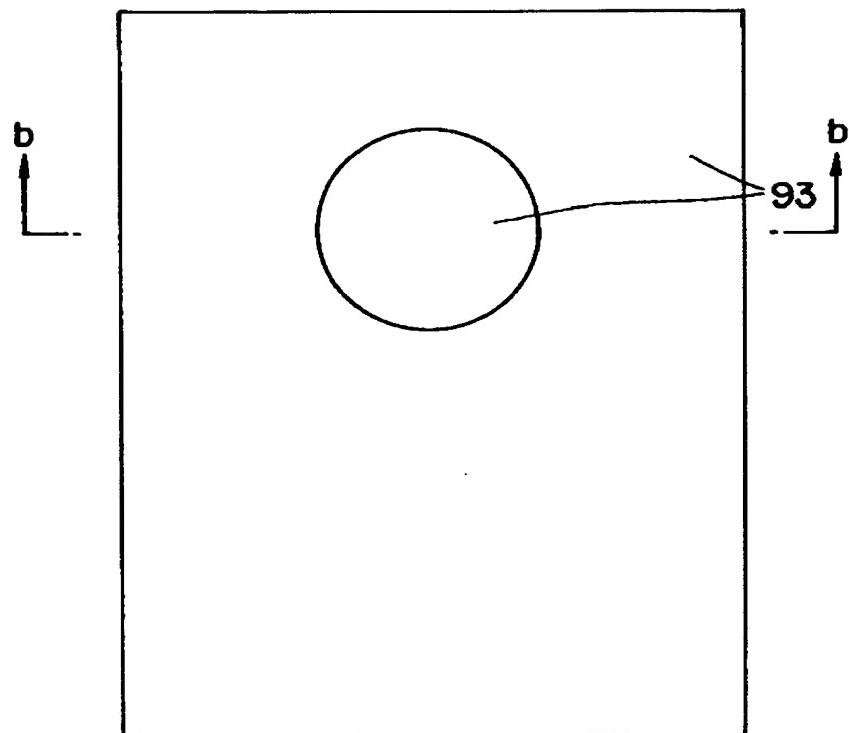


(B)



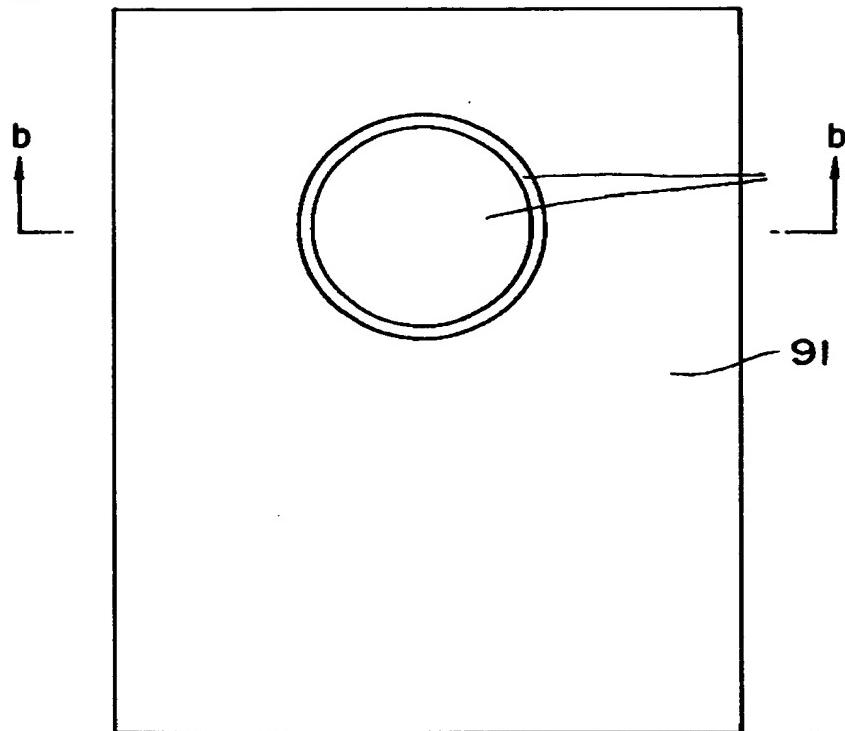
【図22】

(A)

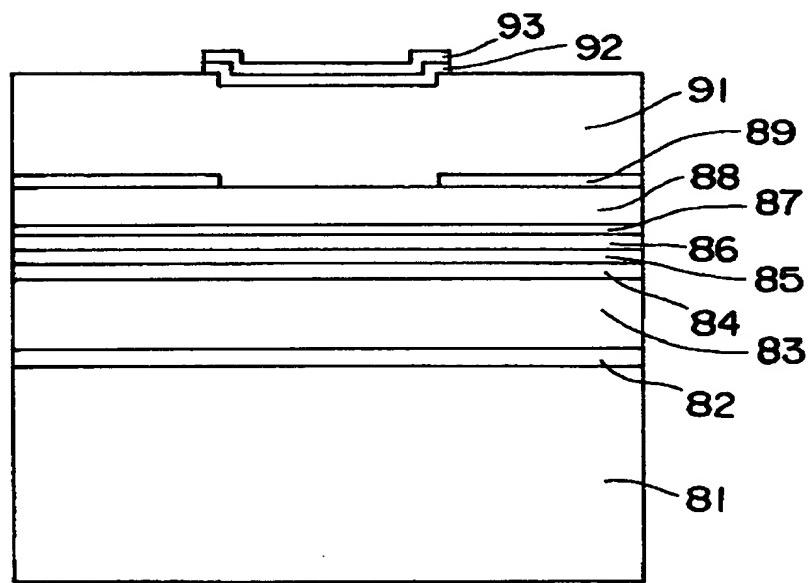


【図23】

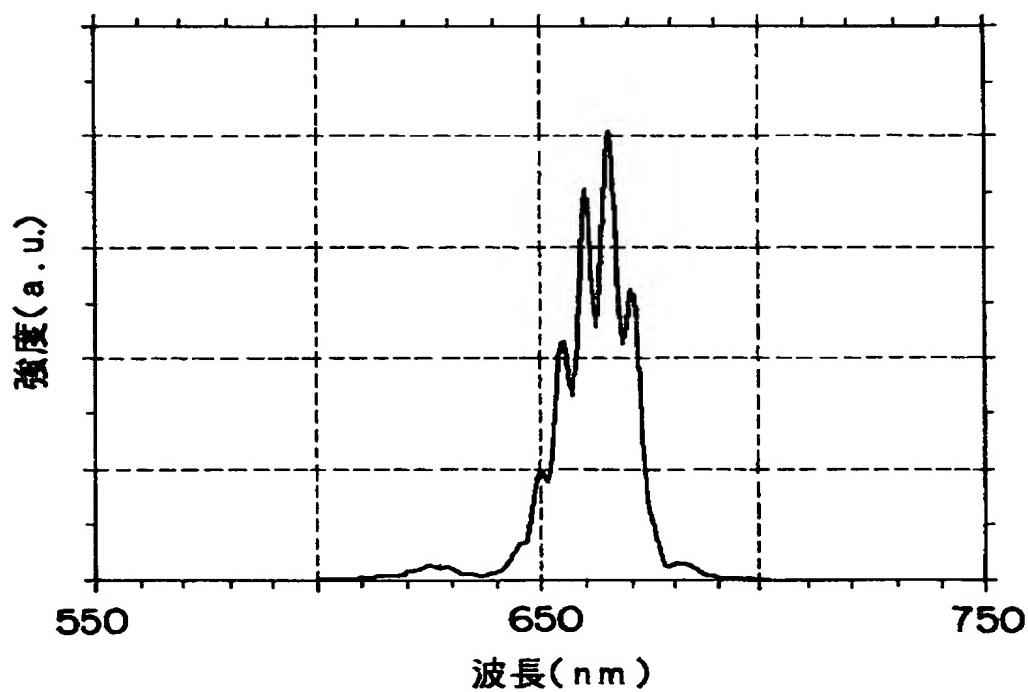
(A)



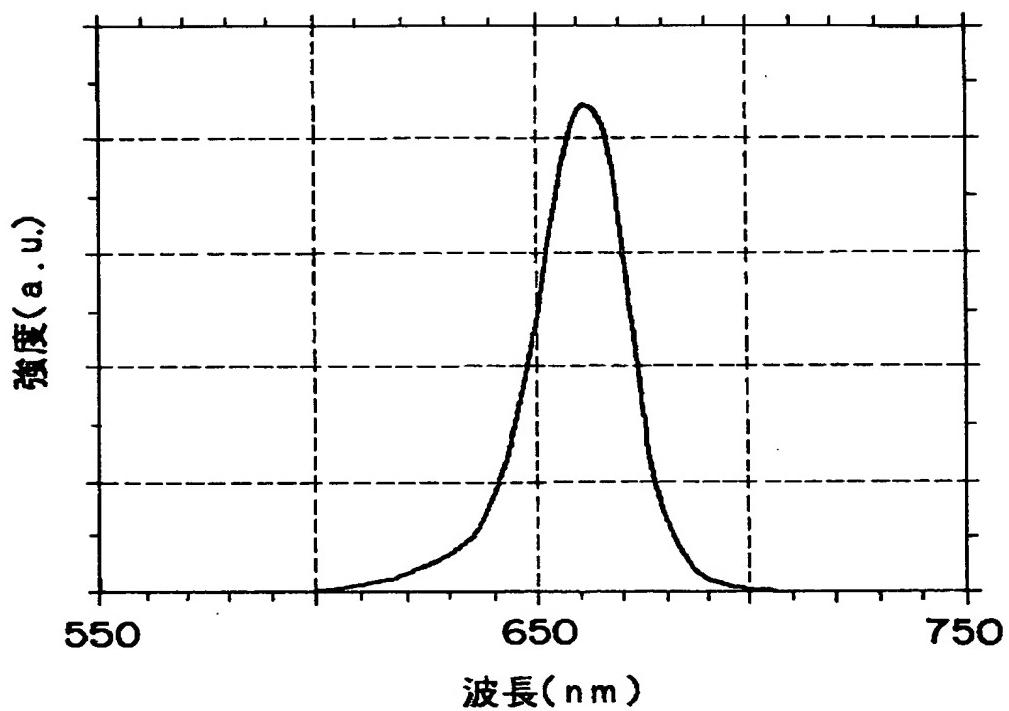
(B)



【図24】



【図25】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 発光波長の放射角依存性の小さい半導体素子およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 GaAs基板1上に、DBR(多層反射膜)3と、この上方に複数層の $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$)からなる発光層5を形成する。発光層5上に層数が1以上の半導体層6~10が形成され、この半導体層9の表面に、フォトリソグラフィーおよび硫酸/過酸化水素系エチャントによってエッチングして光を散乱する格子パターンを形成する。

【選択図】 図2

出願人履歴情報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

氏 名 シャープ株式会社